สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติด้านเคมีและจุลินทรีย์ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

EFFECT OF IRRADIATION ON CHEMICAL AND MICROORGANISM PROPERTIES OF FERMENTED FISH CAKE (*Nham Pla*) FROM SILVER CARP (*Hypophthalmichtys molitrix*) AT DIFFERENT STORAGE TEMPERATURES

T110525

แคทรียา ศิริพงษ์

CATTHARIYA SIRIPHONG

TP
ค421 ผ
2553
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 110525
วัน,เดือน,ปี -4 พ.ย. 2553

b.12259521
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AI-M-055-087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF IRRADIATION ON CHEMICAL AND MICROORGANISM PROPERTIES OF FERMENTED FISH CAKE (*Nham Pla*) FROM SILVER CARP (*Hypophthalmichtys molitrix*) AT DIFFERENT STORAGE TEMPERATURES

CATTHARIYA SIRIPHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD CATERING TECHNOLOGY

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

KMITL-2010-AI-M-055-087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติด้านเคมีและจุลินทรีย์ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่างกัน
ชื่อนักศึกษา	นางสาวแคทรียา ศิริพงษ์
รหัสประจำตัว	48068613
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการฉายรังสีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาแหนมปลาจีน โดยนำไปฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 1 2 3 และ 4 กิโลเกรย์ แล้ววิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ เพื่อเลือกปริมาณรังสีที่เหมาะสม พบว่า การฉายรังสี 4 กิโลเกรย์สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา coliform feacal coliform และ *E. coli* ได้ดี และสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดให้เหลือน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม ส่วนสมบัติทางเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาไม่แตกต่างจากแหนมที่ไม่ฉายรังสี จึงเลือกปริมาณรังสีนี้มาใช้ศึกษาอายุการเก็บของแหนม โดยศึกษาผลของการฉายรังสีต่อสมบัติในด้านต่าง ๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่างกัน คือ ที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) และในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) ทั้ง 2 อุณหภูมิให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน พบว่า ปัจจัยหลักคือระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีรวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลทำให้ค่า TBA ปริมาณกรดแลคติก และค่า pH ของแหนมปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่ฉายรังสีมีค่า TBA สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี นอกจากนั้นปริมาณกรดแลคติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า pH ลดลง โดยตัวอย่างที่ฉายรังสีมีปริมาณกรดแลคติกต่ำกว่าและมีค่า pH สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* ในตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีมีแนวโน้มลดลง แต่ในแหนมที่ฉายรังสีจะคงที่ตลอดเวลาเก็บ สำหรับคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่าระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คะแนนของทุกลักษณะที่ทดสอบลดลง ซึ่งคะแนนของตัวอย่างที่ฉายรังสีจะมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า โดยการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 6 วัน และไม่ยอมรับตัวอย่างฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 8 วัน ส่วนการเก็บในตู้เย็น ผู้ทดสอบไม่ยอมรับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 24 วัน และไม่ยอมรับตัวอย่างฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 48 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effect of Irradiation on Chemical and Microorganism Properties of Fermented Fish Cake (*Nham Pla*) from Silver Carp (*Hypophthalmichtys molitrix*) at Different Storage Temperatures
Student	Miss Catthariya Siriphong
Student ID.	48068613
Degree	Master of Science
Program	Food Catering Technology
Year	2010
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Kittiphong Huangrak

ABSTRACT

From the study on irradiation in the range of 1 2 3 and 4 kGy to extend shelf-life of fermented fish cake from Silver Carp (*Hypophthalmichtys molitrix*). Properties of fish cake were analyzed to select optimal dose. It was found that irradiation at 4 kGy could inhibit growth of yeast and mold, coliform, feacal coliform and *E. coli*. Total Plate Count value was reduced to less than 30 CFU/g. Chemical propertied and sensory evaluation score of irradiated and non-irradiated samples were not different. This dose (4 kGy) was then selected for the study on shelf life of product. Effect of irradiation on fish cake properties keeping at different temperatures, i.e., room temperature (32±3 °C) and in refrigerator (4±1 °C) was studied. Storing at both temperatures gave similar result. It was found that main factors, which were storage time and irradiation, and also their interaction significantly affected TBA value, %lactic acid, and pH of fish cake. When the storage time increased, TBA value increased. Irradiated samples gave higher TBA value. The amount of lactic acid tended to increase while the pH value decreased. Irradiated samples gave lower lactic acid content and higher pH value than non-irradiated ones. Total microorganism and also yeast and mold value tended to increase. Coliform, feacal coliform and *E. coli* in non-irradiated samples tended to decrease but the value from irradiated samples stilled not change during storage. For sensory properties, increasing of storage time made the score of all attributes decrease. Scores of irradiated samples were higher than non-irradiated ones due to less properties changes. At room temperature, non-irradiated and irradiated samples were not accepted by panelists after 6 and 8 days of storage but in the refrigerator, they were not accepted after 24 and 48 days, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทของสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำและแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ระหว่างการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ระติพร หาเรือนกิจ รองศาสตราจารย์ ดร. รุจิรา ตาปราบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พอใจ ถามากร ที่กรุณาสละเวลาเป็นคณะกรรมการในการสอบครั้งนี้

ขอขอบคุณสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่เอื้อเฟื้อในการฉายรังสีทุกครั้ง จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ดร. สิริโฉม พิเชษฐบุญเกียรติ ที่สนับสนุนทุนสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ดร. ธงชัย พุฒทองศิริ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ช่วยเหลืองานวิจัยนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ให้วิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

แคทรียา ศิริพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ 2

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 การแปรรูปที่เกิดจากกระบวนการหมัก 3

2.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหมัก 3

2.3 แหนมปลา 4

2.4 ปลาจีน 12

2.5 การใช้รังสีกับผลิตภัณฑ์อาหาร 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 26

3.1 วัตถุดิบ 26

3.2. อุปกรณ์และเครื่องมือ 26

3.3 สารเคมี 27

3.4 วิธีการทดลอง 27

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 30

4.1 ศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแหนมปลาจีน 30

4.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคของแหนมปลาจีนที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 57

บรรณานุกรม 59

ภาคผนวก

ก การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี 64

ข การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ 66

ค แบบทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส 71

ประวัติผู้เขียน 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.2 ปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลา 200 กรัม และความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายคน (กรัม) 15

4.1 ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ปริมาณต่างกัน 30

4.2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ปริมาณต่างกัน 31

4.3 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ปริมาณต่างกัน 32

4.4 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีรวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) 33

4.5 ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) 34

4.6 ผลของสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) 35

4.7 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) 38

4.8 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3องศาเซลเซียส) 43

4.9 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีรวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 45

4.10 ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 46

4.11 ผลของสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 50

4.13 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การละลายของไมโอไฟบริลลาโปรตีนในสารละลายเกลือ 10

4.1 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ของแหนมปลาจีน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) 36

4.2 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของ แหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) 36

4.3 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า pH ของแหนมปลาจีน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) 37

4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง 39

4.5 ปริมาณยีสต์และราของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง 40

4.6 ปริมาณ coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง 41

4.7 ปริมาณ feacal coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง 41

4.8 ปริมาณ *E. coli* ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง 42

4.9 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ของแหนมปลาจีน เมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 48

4.10 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของ แหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 48

4.11 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า pH ของแหนมปลาจีน เมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) 49

4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น 51

4.13 ปริมาณยีสต์และราของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น 52

4.14 ปริมาณ coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น 53

4.15 ปริมาณ feacal coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น 53

4.16 ปริมาณ *E. coli* ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แหนมเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในทุกภาคของประเทศไทย ส่วนมากจะผลิตจากหมูหรือเนื้อ โดยแหนมหมูเป็นที่นิยมและคุ้นเคยมากกว่าแหนมเนื้อ (ชุลีพรรณ จิตจง และหญิง โศภิษฐ์กมล, 2539) แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคได้หันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้นจึงได้มีการนำเนื้อปลามาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำแหนมแทนหมูและเนื้อ เนื่องจากปลามีไขมันต่ำกว่า (เยาวเรศ ทองนอก และคณะ, 2545) และมีคุณค่าทางอาหารที่ดี เนื้อปลาจีนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นปลาที่มีรสชาติดี ราคาไม่แพง และแนวโน้มด้านการตลาดของปลาจีนยังคงอยู่ในสภาวะที่มีปริมาณความต้องการบริโภคสูง โดยเฉพาะเพื่อประกอบอาหารในภัตตาคาร ปลาจีนมีการจำกัดขนาดที่ใช้ประกอบอาหารอยู่ 2 แบบ คือ ขนาด 700-800 กรัม นำไปประกอบอาหารโต๊ะจีนและขนาด 1.5-2 กิโลกรัม นำไปทำปลานึ่ง หัวปลาหม้อไฟ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี, 2550) จึงเป็นเหตุให้ปลาที่ไม่ได้ขนาดดังกล่าวถูกผู้รับซื้อกดราคา รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากปลาจีนที่มีวางจำหน่ายยังมีไม่มากนัก จึงน่าจะมีการนำปลาจีนมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำแหนมปลาเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลาจีน ในปัจจุบันมีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หมักเปรี้ยวจากปลาน้ำจืดหลายชนิด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักมีลักษณะที่ไม่แตกต่างจากส้มฟัก โดยมีส่วนประกอบคือ เนื้อปลา บด เกลือ กระเทียม และข้าวสุกหรือข้าวเหนียว มานิต กิ่งทอง (2547) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมปลาขึ้นโดยเลียนแบบแหนมหมู มีการเพิ่มหนังหมู พริกขี้หนูสด และใส่แครอตเพื่อเพิ่มสีสันให้น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงแตกต่างจากส้มฟักและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคได้อีกทางหนึ่ง

การฉายรังสีเป็นวิธีถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ วิธีนี้เริ่มแพร่หลายและได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้น มีการพิสูจน์จากทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศและองค์การอนามัยโลกว่าการฉายรังสีอาหารใดก็ตามด้วยระดับรังสีเฉลี่ยไม่เกิน 10 กิโลเกรย์จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย โดยจะไม่ก่อให้เกิดการเหนี่ยวนำสารกัมมันตภาพรังสีตกค้างในอาหาร แม้ว่าอาจทำให้อาหารที่ผ่านการฉายรังสีเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการของอาหารอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการถนอมอาหารวิธีอื่น เช่น การแช่แข็ง การใช้ความร้อน (ชนินทร์ เจริญพงศ์, 2539) ผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมาฉายรังสีมีมากมาย แหนมเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่นิยมนำมาฉายรังสี การบริโภคแหนมส่วนใหญ่มักรับประทานกันในลักษณะดิบ เพราะการปรุงให้สุกด้วยความร้อนจะทำกลิ่นและรสชาติเฉพาะของแหนมเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ผู้บริโภคแหนมดิบมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยาธิและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งอาจติดมากับวัตถุดิบเริ่มต้น (ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์, 2539) ดังนั้น จึงน่าจะมีการทดลองนำแหนมปลาจืนมาฉายรังสีแล้วเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล เพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และยังเป็นการกำจัดพยาธิและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจติดมากับวัตถุดิบเริ่มต้นได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแหนมปลาจืน

1.2.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคของแหนมปลาจืนที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

งานวิจัยนี้เป็นการใช้วิธีการถนอมอาหารโดยการฉายรังสีร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมปลาจืนให้มีอายุการเก็บที่ยาวนานขึ้นกว่าเดิม โดยยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแปรรูปที่เกิดจากกระบวนการหมัก

การถนอมอาหารโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมกันมาช้านาน เพราะเป็นวิธีที่ง่าย โดยมีเกลือเป็นองค์ประกอบสำคัญ ปฏิกิริยาในกระบวนการหมักโดยอาศัยเอนไซม์และปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ร่วมด้วย ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประมงที่แปรรูปที่เกิดจากกระบวนการหมักของไทย ได้แก่ กะปิ น้ำปลา ปลาร้า ปลาส้ม ปลาจ่อม ปลาเจ้า ส้มฟัก กุ้งจ่อม ไตปลา บูดู และแหนมปลา เป็นต้น (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545)

ความสามารถในการถนอมอาหารโดยวิธีการหมักขึ้นกับผลที่ได้จากการทำงานของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดในอาหารซึ่งทำให้ค่า pH ของอาหารลดลง อาหารบางชนิดผ่านกระบวนการหมักที่มีการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) ทำให้สภาพอาหารไม่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดที่เป็นโทษ เช่น *Clostridium botulinum* (สายสนม ประดิษฐ์ดวง และคณะ, 2521) นอกจากนี้การหมักยังช่วยลดปริมาณของ coliform faecal coliform และ *Escherichia coli* ลงไปได้มาก (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2518) จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารมิได้เพียงแต่ย่อยอาหารไปเท่านั้นแต่ยังสร้างวิตามินต่าง ๆ ขึ้นหลายชนิด เช่น วิตามินเอ และกลุ่มวิตามินบี การหมักยังช่วยให้อาหารที่มีคุณค่าถูกนำไปใช้ได้สะดวกขึ้น เช่น พวกธัญพืช เมื่อถูกหมักด้วยเชื้อรา เชื้อราจะย่อยเซลลูโลส ทำให้กระเพาะของมนุษย์และสัตว์ย่อยได้ง่ายขึ้น ปฏิกิริยาการหมักทำให้อาหารเปลี่ยนแปลงไปทั้งในด้านเนื้อสัมผัส (texture) ลักษณะปรากฏ (appearance) และกลิ่นรส (flavor) ได้อาหารที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

2.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหมัก (fermented fish products) (ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ, 2544)

ผลิตภัณฑ์ปลาหมักสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ ผลิตภัณฑ์ปลาหมักกับเกลือและผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่มีเกลือและแหล่งคาร์โบไฮเดรต โดยผลิตภัณฑ์ปลาหมักกับเกลือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยปลาและเกลือ เช่น น้ำปลา มีวัตถุประสงค์ในการหมักเพื่อมุ่งเน้นด้านเศรษฐกิจและเพื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้นาน ส่วนผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่มีเกลือและแหล่งคาร์โบไฮเดรต เช่น ปลาส้ม ส้มฟัก แหนม เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการหมักที่สมบูรณ์แบบ กล่าวคือเป็นการหมักเพื่อให้จุลินทรีย์ได้ใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตในการเจริญเติบโตและผลิตกรดแลคติกขึ้นมา โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะใช้เกลือในระดับต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่หมักกับเกลือเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แหนมปลา

2.3.1 บทนิยาม

แหนมปลา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาสด มาขอดเกล็ด แยกก้าง แล่เอาเฉพาะเนื้อ อาจแช่น้ำซาวข้าว แล้วนำมาสับหรือบดละเอียด เติมเกลือ ข้าวเจ้าสุกหรือข้าวเหนียวนึ่ง กระเทียม ผสมให้เข้ากัน อาจเติมพริกสด ห่อเป็นมัด หรือบรรจุในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม หมักจนมีรสเปรี้ยว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

2.3.2 กระบวนการผลิต

2.3.2.1 การนวดผสม

การผลิตเริ่มจากการนำปลาน้ำจืดมาบดละเอียดและนวดจนเหนียว โดยมีการเติมเกลือร้อยละ 2-5 ข้าวสุกร้อยละ 2-20 และกระเทียมร้อยละ 10-20 บางครั้งอาจมีการเติมแป้งมันเล็กน้อย (ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ, 2544) สำหรับแหนมบางชนิดมีการเติมพริกขี้หนูเพื่อให้มีรสเผ็ด (อำนวย ผู่ตระกูล, 2549)

2.3.2.2 การบรรจุและหมัก

เมื่อนวดแหนมได้ที่แล้ว นำไปปั้นเป็นก้อน ห่อด้วยพลาสติกหรือใบตอง มัดให้แน่นด้วยยาง เชือก หรือตอก เพื่อไล่อากาศภายใน ควรหมักแหนมในสภาพไม่มีอากาศ หมักไว้ประมาณ 2-3 วัน จึงรับประทานได้ โดยวัสดุที่ใช้ในการบรรจุแหนมมี 2 ชนิด คือ พลาสติกและใบตอง พลาสติกที่นิยมใช้ในการบรรจุแหนมเป็นพลาสติกประเภทโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ซึ่งเป็นพลาสติกโปร่งแสง ปราศจากกลิ่น รส เป็นวัสดุที่ขวางกั้นไอน้ำ ก๊าซ น้ำมัน ไขมัน และราคาถูก ขั้นตอนการหมักแหนมเป็นการหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศ จึงควรใช้พลาสติกที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซหรืออากาศได้ดี ส่วนการใช้ใบตองกล้วยสด ต้องเป็นใบตองที่สะอาด ไม่มีเชื้อโรค ใบตองกล้วยสดจะมีความหนาและทึบแสงมากกว่าพลาสติก ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในผลิตภัณฑ์แหนม เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดหรือเกิดรสเปรี้ยวในผลิตภัณฑ์ (อำนวย ผู่ตระกูล, 2549) นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นลักษณะที่สำคัญในการยอมรับของผู้บริโภค โดยลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีต้องแน่นเนื้อและมีลักษณะเหนียว สปริงตัวได้ดี การเกิดน้ำในระหว่างการหมักในถุงพลาสติกอาจเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้เนื้อสัมผัสไม่เป็นไปตามที่ต้องการ (ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ, 2544)

2.3.2.3 การเก็บรักษา

เมื่อทิ้งแหนมไว้จนเกิดการหมักและมีรสเปรี้ยวแล้ว ควรเก็บในตู้เย็นหรือในที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้นมากจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 สุขลักษณะในการทำแหนม (อำนวย ผู่ตระกูล, 2549)

การผลิตแหนมจากเนื้อสัตว์เป็นการนำเนื้อสัตว์มาผ่านกระบวนการผลิตโดยการหมัก ซึ่งกระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับสุขศาสตร์เนื้อสัตว์มาก ตั้งแต่ขั้นตอนการนำเนื้อสดมาผสมสารปรุงแต่งต่าง ๆ กรรมวิธีการผลิต ภาชนะที่ใช้บรรจุ ไปจนถึงขั้นตอนการบรรจุ ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน จึงจำเป็นต้องระมัดระวังเรื่องการปนเปื้อนเป็นอย่างมาก เพราะการปนเปื้อนในช่วงนี้จะมีผลกระทบต่อผู้บริโภค ดังนั้นควรเลือกวัตถุดิบต่าง ๆ ให้มีคุณภาพดี รวมถึงการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ จะทำให้ลดอัตราเสี่ยงในการปนเปื้อนลงไปได้

2.3.4 องค์ประกอบทางเคมีของแหนมปลา

สมบัติทางเคมีของแหนมปลาสวาย ปลานิล ปลาทรายแดง และปลาน้ำดอกไม้ พบว่า ค่า pH อยู่ระหว่าง 4.53-5.80 ปริมาณกรดแลคติกมีค่าระหว่างร้อยละ 0.49-1.13 ความชื้นมีค่าระหว่างร้อยละ 75.7-80.1 โปรตีนมีค่าระหว่างร้อยละ 14.08-14.93 ปริมาณไขมันมีค่าระหว่าง ร้อยละ 0.49-1.95 และปริมาณเกลือมีค่าระหว่างร้อยละ 1.61-1.97 (Sangjindavong *et al.*, 2000)

2.3.5 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตแหนมปลา (มานิต กิ่งทอง, 2547)

ผลิตภัณฑ์ประมงที่ผ่านกระบวนการหมักจะมีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง 2 กลุ่มใหญ่ได้แก่

2.3.5.1 โปรตีโอไลติกแบคทีเรีย (Proteolytic bacteria) เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างน้ำย่อยสลายโปรตีน ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับแบคทีเรียกลุ่มนี้ ได้แก่ กะปิ น้ำปลา น้ำ บูดู เป็นต้น แบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Bacillus*

2.3.5.2 แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียที่ใช้ในการถนอมอาหารกันมาเป็นเวลาช้านานแล้ว ไม่ว่าจะเป็นประเทศไทย ยุโรป อเมริกา หรือประเทศในแถบเอเชีย แบคทีเรียแลคติกเข้ามาเกี่ยวข้องกับอาหารหมักหลายประเภท เช่น แหนม ไส้กรอก เปรี้ยว โยเกิร์ต นมเปรี้ยว ผักและผลไม้ดองและอื่น ๆ นอกจากจะเป็นวิธีการที่ช่วยในการถนอมอาหารแล้ว ยังทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่มีกลิ่นและลักษณะของอาหารที่ดีด้วย ที่สำคัญเป็นแบคทีเรียที่สร้างรสเปรี้ยวให้กับผลิตภัณฑ์ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียจำพวกแกรมบวก มีลักษณะเป็นแท่งหรือทรงกลม แบ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรีย 4 สกุล คือ *Lactobacillus* sp. *Leuconostoc* sp. *Pediococcus* sp. และ *Streptococcus* sp. มีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลหรือสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก กรดแลคติกที่ผลิตขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่แบคทีเรียแลคติกสร้างขึ้นโดยสร้างขึ้นปริมาณมากและปล่อยออกนอกเซลล์ นอกจากกรดแลคติกแล้วยังสามารถผลิตสารอื่นแต่ผลิตในปริมาณน้อย เช่น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ไดแอซีทิล (diacetyl) และสารยับยั้งจุลินทรีย์ (ศิพัฒน์ รักเผ่า, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก เป็นแบคทีเรียที่ช่วยในการถนอมอาหารและสร้างลักษณะเฉพาะให้กับผลิตภัณฑ์ หลักสำคัญคือต้องให้แบคทีเรียที่ผลิตแลคติกเจริญได้อย่างรวดเร็วและสร้างกรดแลคติกซึ่งทำให้ค่า pH ลดลง เป็นผลให้แบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ถูกกำจัดออกไป และสามารถสร้างลักษณะที่ต้องการ เช่น รสชาติ กลิ่น เป็นต้น

Sangjindavong *et al.* (2000) ศึกษาสมบัติทางจุลชีววิทยาของแหนมจากปลาสวาย ปลานิล ปลาทรายแดง และปลาน้ำดอกไม้ โดยแยกแบคทีเรียแลคติก 40 สายพันธุ์ จัดจำแนกได้ดังนี้ แบคทีเรียที่พบมากที่สุดคือ *Leuconostoc mesenteroides* 23 สายพันธุ์ (ร้อยละ 57.5) รองลงมาคือ *Lactobacillus plantarum* 6 สายพันธุ์ (ร้อยละ 15) *Pediococcus damnosus* 3 สายพันธุ์ (ร้อยละ 7.5) *Lactobacillus leichmannii* 3 สายพันธุ์ (ร้อยละ 7.5) *Lactobacillus delbrueckii* 2 สายพันธุ์ (ร้อยละ 5) *Lactobacillus brevis* 2 สายพันธุ์ (ร้อยละ 5) *Lactobacillus acidophilus* 1 สายพันธุ์ (ร้อยละ 2.5) นอกจากนี้ยังได้ตรวจหาแบคทีเรียทั้งหมดและปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก พบว่าแหนมปลามีแบคทีเรียดังกล่าวอยู่ในช่วง $5.8x10^7$-$10.4x10^7$ และ $5.1x10^7$-$19.2x10^7$ โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษา 2-14 วัน ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียล

2.3.6 คุณลักษณะที่ต้องการของแหนมปลา

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547) ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแหนมปลาไว้ดังนี้

2.3.6.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องมีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ ไม่มีโพรงอากาศ และมีน้ำที่เกิดจากการหมักได้เล็กน้อย

2.3.6.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

2.3.6.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักของส่วนประกอบที่ใช้ รสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น รสขม

2.3.6.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องแน่น ไม่ยุ่ยเมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้ว (เกณฑ์การให้คะแนนคือ ให้ 4 เป็นคะแนนที่มากที่สุดคือมีลักษณะที่ดีมากจนถึง 1 เป็นคะแนนที่น้อยที่สุดคือมีลักษณะที่ควรปรับปรุง) ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

2.3.6.6 ค่า pH

ต้องไม่เกิน 4.6

2.3.6.7 จุลินทรีย์

Salmonella ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม *E. coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 10 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม

2.3.6.8 พยาธิ

ต้องไม่พบ

2.3.6.9 การบรรจุ

วัสดุที่ห่อหุ้มแหนมต้องสะอาด ห่อหุ้มได้เรียบร้อย และป้องกันสิ่งแปลกปลอมได้ โดยส่วนที่สัมผัสกับแหนมต้องไม่มีสีหรือสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ

2.3.7 ปัญหาของแหนมปลา

โกวิทย์ นุชประมูล และคณะ (2551) ได้กล่าวถึงปัญหาของแหนมปลาไว้ว่า ส้มฟักหรือแหนมปลาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้าน โดยมักทำจากปลาน้ำจืดที่จับได้จากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ จุลินทรีย์ที่มีในธรรมชาติจึงมีโอกาสปนเปื้อนมาในปลา บางชนิดอาจเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทางเดินอาหาร เช่น *Salmonella* เป็นต้น เชื้อเหล่านี้จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อรับประทานเข้าไป กระบวนการหมักส้มฟักหรือแหนมปลาและปริมาณเกลือที่ใช้อาจไม่เพียงพอต่อการกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ประกอบกับผู้บริโภคบางรายนิยมบริโภคโดยไม่ผ่านการทำให้สุกด้วยความร้อนก่อน จึงอาจเกิดอันตรายเนื่องจากพยาธิและจุลินทรีย์ก่อโรคที่ติดมากับปลา การฉายรังสีเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการทำลายพยาธิและจุลินทรีย์ก่อโรคโดยกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ได้กับอาหารหลายชนิด เช่น แหนม กุ้ง และเนื้อไก่แช่แข็ง หากนำมาใช้กับส้มฟักหรือแหนมปลาก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและความปลอดภัย เป็นผลดีต่อผู้บริโภคและช่วยให้ผู้ผลิตสามารถขยายตลาดได้กว้างขวางขึ้น

อรวรรณ เลาหสินนุรักษ์ (2544) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ส้มฟักมีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงทำให้อายุการวางตลาดสั้น ส่งผลให้ตลาดค้าปลาส้มและส้มฟักไม่ขยายเท่าที่ควร การฉายรังสีจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาส้มฟัก เนื่องจากรังสีไม่ทำให้ลักษณะภายนอกเปลี่ยนไป เป็นผลให้คุณภาพอาหารทางด้านเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่ และอาหารที่ผ่านการฉายรังสีตามปริมาณที่กำหนดจะไม่มีรังสีตกค้าง จึงไม่ก่อให้เกิดอันตราย แม้ว่าจะก่อให้เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงทางเคมีบ้าง แต่อาจน้อยกว่าที่เกิดจากการใช้วิธีการอื่น ๆ ซึ่งใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น การให้ความร้อน การใช้สารเคมี การแช่แข็ง เป็นต้น

2.3.8 บทบาทของส่วนประกอบต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์แหนม

2.3.8.1 เกลือ (salt)

เกลือมีบทบาทต่อผลิตภัณฑ์แหนมดังนี้

1) ป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

เกลือที่นำมาใช้อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือทราบกันในชื่อของเกลือแกง นิยมใช้ในการประกอบอาหารโดยเติมเพียงเล็กน้อยในรูปของสารปรุงรสมานานแล้ว แต่ถ้าจะใช้เพื่อการถนอมอาหารจะต้องใช้ในปริมาณสูง เกลือที่เหมาะสมในการใช้หมักเนื้อสัตว์ควรเป็นเกลือที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว นิยมใช้เกลือสินเธาว์ที่ปราศจากโลหะหนักมากกว่าเกลือสมุทร เนื่องจากเกลือสมุทรอาจมีแบคทีเรียที่ทนความเค็มสูง (halophilic bacteria) และมีอนุมูลของสารพวกแคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมของน้ำเกลือ ทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง ส่วนโลหะหนัก ถ้ามีอยู่ในเกลือที่ใช้หมักเนื้อจะมีผลเร่งปฏิกิริยาการหืนของไขมัน แต่ถ้าเกลือสมุทรได้ผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ดังกล่าวข้างต้นแล้วก็สามารถนำมาใช้ในการหมักเนื้อซึ่งใช้ร่วมกับไนเตรท (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536) การจะใช้เกลือในปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เกลือจะสามารถป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ การที่เกลือสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้ (Frazier, 1967)

- เกลือเป็นตัวช่วยลด Aw (water activity) ของอาหาร โดยการดึงความชื้นออกจากอาหารจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้
- เกลือช่วยลดการละลายของออกซิเจนในอาหารทำให้อาหารมีสภาพค่อนข้างไร้ออกซิเจน
- ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนภายในเซลล์จุลินทรีย์
- เพิ่มความดันออสโมซิส เป็นผลให้เซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการหดตัว Tressler และ Leinon (1951) พบว่าแรงดันออสโมซิสของน้ำเกลือเข้มข้นทำให้เซลล์ของแบคทีเรียเกิดการบวมน้ำและแตกในที่สุด
- อนุมูลโซเดียม (Na^+) และคลอไรด์ (Cl^-) ที่เกิดจากการแตกตัวของเกลือ ถ้ามีมากจะขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

นอกจากนี้เกลือจะเป็นเครื่องกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญได้ตามความเข้มข้นของเกลือ ในการเติมเกลือลงไปในแหนมจะพบว่าจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีคือ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ชนิดอื่นส่วนมากไม่สามารถทนต่อเกลือที่มีความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ได้ ส่วนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกมีความสามารถในการทนเกลือได้ดีกว่า จึงสามารถเจริญอยู่ได้ โดยจุลินทรีย์พวก *Leuconostoc mesenteroides* และ *Lactobacillus brevis* ทนเกลือได้น้อยกว่า *Pediococcus* sp. และ *Lactobacillus plantarum* ดังนั้นแบคทีเรีย *Pediococcus* sp. และ *Lactobacillus plantarum* จึงเจริญเติบโตได้ดีกว่า และแบคทีเรียพวก *Pediococcus* sp. ในอาหารหมักดองที่มีปริมาณเกลือสูงขึ้นจะมีความสามารถในการสร้างกรดได้น้อยลง

นาถสุดา วิศววงศ์ (2522) พบว่า *Lactobacillus brevis* เจริญได้ในอาหารที่มีเกลือตั้งแต่ร้อยละ 0.5-1.5 แต่จะเจริญดีที่สุดที่ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 3 และ 5 ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณเกลือที่มีในส้มฟัก *Lactobacillus brevis* ยังสามารถเจริญได้ที่ความเข้มข้นของเกลือประมาณร้อยละ 6.5 และ *Pediococcus cerevisiae* เจริญได้ในอาหารที่มีเกลือร้อยละ 0.5 3 และ 5 อาจมีบางตัวที่เจริญได้ในอาหารที่มีเกลือร้อยละ 10 ถ้าปริมาณเกลือสูงกว่านี้ก็จะไม่สามารถเจริญได้ จุลินทรีย์พวก *Staphylococcus* และ *Bacillus* เป็นพวกที่ทนเกลือได้ดี โดยอาจเจริญได้ในอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 15-20 แต่เจริญได้ไม่ดีเท่าในอาหารที่มีปริมาณเกลือร้อยละ 0.5 3 5 และ 10 สำหรับ *Escherichia* และ *Pseudomonas* เจริญได้ดีในอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 0.5 และ 3 พวก *Pseudomonas* นั้น สามารถทนเกลือได้ร้อยละ 10-15 ในขณะที่ *Escherichia* ส่วนใหญ่ทนเกลือได้เพียงร้อยละ 5

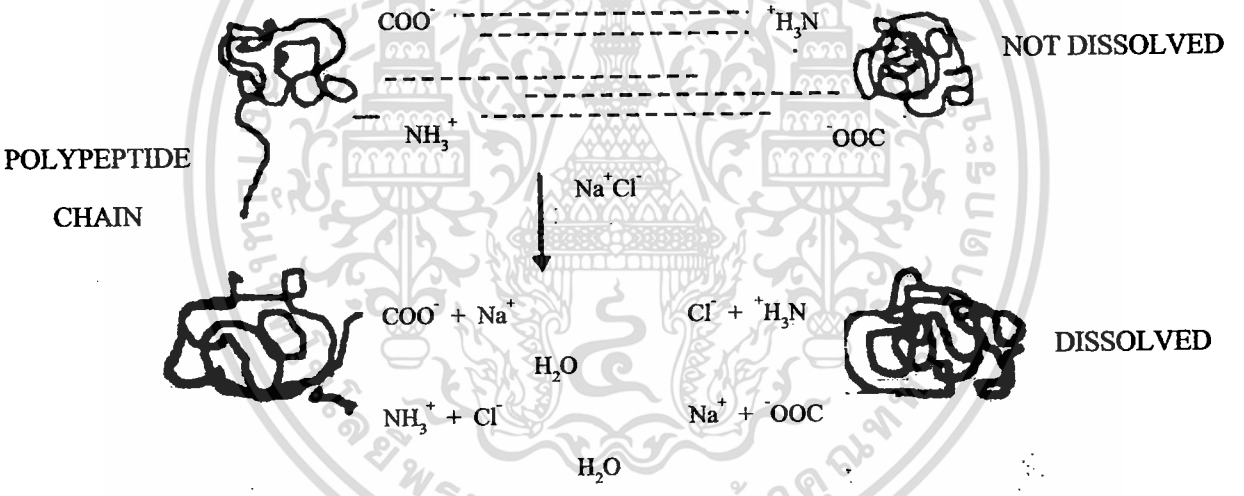
2) ช่วยถนอมรักษาเนื้อปลา

โดยการดูดน้ำออกจากเนื้อปลาตามหลักการออสโมซิสนั่นเอง ทำให้โปรตีนจับตัวแข็ง จำนวนน้ำในตัวปลาลดลง เป็นผลให้จุลินทรีย์ต่าง ๆ ไม่เจริญเพิ่มจำนวนต่อไป การที่ปลาสดเกิดการเน่าเสียนั้น เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การย่อยตัวเอง (autolysis) การย่อยทำลายโดยแบคทีเรีย (bacterial action) การออกซิเดชันของไขมัน (oxidation of fats) การสลายตัวของน้ำเลือด (haemolysis) เป็นต้น สาเหตุที่สำคัญที่สุดคือการย่อยตัวเองและการย่อยทำลายโดยแบคทีเรีย เมื่อปลาตาย ทั้งเอนไซม์ในเซลล์ของปลาและเอนไซม์ของแบคทีเรียจะย่อยเซลล์ที่ประกอบเป็นเนื้อปลา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบพวกโปรตีน ในขณะที่ปลายังมีชีวิตก็มีเชื้อแบคทีเรียอยู่ตามผิวหนัง ลำไส้ และส่วนอื่น ๆ บ้าง แต่ถูกควบคุมไม่ให้ทวีจำนวนมากจนเป็นภัยแก่ตัวปลาโดยความต้านทานของตัวปลาเอง เมื่อปลาตายก็หมดอำนาจต้านทานในตัว แบคทีเรียที่มีอยู่แล้วในตัวปลาและที่เข้าไปภายหลังก็จะเพิ่มจำนวนแล้วย่อยสลายเนื้อปลาอย่างรวดเร็วจนทำให้ปลาเน่าในที่สุด ในการที่เชื้อแบคทีเรียเจริญทวีจำนวนขึ้นนี้ก็ต้องอาศัยน้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหารให้พอเหมาะแก่ความต้องการของเชื้อชนิดนั้น ๆ ด้วย เมื่อการเจริญของแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำเช่นนี้ เกลือจึงมีคุณสมบัติในการรักษาเนื้อปลาไม่ให้เน่าได้ นอกจากนี้เกลือยังมีผลโดยตรงต่อเซลล์ของจุลินทรีย์ในปลา และพบว่าแบคทีเรียที่ทำให้ปลาเน่าเสีย โดยทั่วไปจะไม่พบในอาหารที่มีเกลือสูงกว่าร้อยละ 7 (Prescott and Dunn, 1959)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ช่วยในการเกิดเจล (Gel)

การเกิดเจลในเนื้อปลามีความสลับซับซ้อนซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและเคมีฟิสิกส์ของโปรตีนในเนื้อปลา กลไกในการเกิดเจลเมื่อเติมเกลือร้อยละ 2-3 ของน้ำหนักปลาทำให้ได้เนื้อปลาที่มีลักษณะข้นหนืด มีการสันนิษฐานว่าไมโอไฟบริลลาโปรตีน เช่น แอคโตไมโอซิน และแอคติน ละลายในสารละลายเกลือและมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 2.1) เนื่องจากโซเดียมและคลอไรด์ไอออนเข้าไปเกิดพันธะกับโมเลกุลของกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน ทำให้เกิดแรงไอออนิกภายในโมเลกุลของกรดอะมิโน โมเลกุลจึงเกิดการแยกออกจากกันเป็นผลทำให้โปรตีนเกิดการกระจายตัวออกมาอยู่ในน้ำ จึงลดโอกาสที่โปรตีนจะเกิดพันธะระหว่างกันเอง สามารถใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์แทนโซเดียมคลอไรด์ได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงระบบการเกิดเจลแต่อย่างใด ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของเจล แต่ความหนืดของสารละลายโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือจะมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของเจล (Xiong, 1997)



ภาพที่ 2.1 การละลายของไมโอไฟบริลลาโปรตีนในสารละลายเกลือ

ที่มา: Xiong (1997)

2.3.8.2 ข้าวสุก หรือข้าวเหนียวหุงสุก

ในการหมักแหนมมีการเติมข้าวเพื่อเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตให้จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแหนมใช้ในการเจริญ โดยเข้าใจว่าสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ไม่มากพอหรืออยู่ในรูปที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้น้อย (ชุลีพรรณ จิตจง และหญิง โศภิษฐ์กมล, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8.3 ไนไตรท์ (Nitrite) ไนเตรท (Nitrate) (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536)

1) หน้าที่ของเกลือไนไตรท์และเกลือไนเตรท เมื่อใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

- ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีสีแดงและรักษาสีแดงของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีความน่ารับประทานเพิ่มขึ้น

- ช่วยเพิ่มรสชาติ (taste) และกลิ่นรส (flavor) แก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวเป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภคมากกว่าการใช้เกลือในการหมักเนื้อเพียงอย่างเดียว

- ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด และป้องกันการงอกของสปอร์ของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศโดยเฉพาะพวก *Clostridium botulinum*

- ช่วยยับยั้งการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (oxidative rancidity)

- ช่วยให้สภาพระหว่างการหมักดองเป็นสภาพไร้อากาศเหมาะแก่การเจริญของแบคทีเรียแลคติก

2) เกลือไนไตรท์และไนเตรทที่ใช้ทางการค้า

ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปของเกลือโซเดียมไนไตรท์หรือไนเตรท และเกลือโซเดียมไนไตรท์ หรือโพแทสเซียมไนเตรท แต่ในทางการค้าจะผสมกันออกมาเพื่อสะดวกในการใช้ มีชื่อทางการค้าว่าผงเพรก (Praque powder) มีลักษณะเป็นผงสีขาว เป็นส่วนผสมของเกลือไนเตรทและไนไตรท์ในอัตราส่วน 100 ต่อ 1 โดยมีปริมาณที่แนะนำใช้เป็นร้อยละ 0.25-0.38 ของน้ำหนักเนื้อ

3) ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่เหมาะสมในการใช้

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 อนุญาตให้ใช้ไนเตรทได้ในปริมาณไม่เกิน 125 ส่วนในล้านส่วน (โดยคำนวณเป็นโซเดียมไนเตรท) และไนไตรท์ให้ใช้ได้ในปริมาณไม่เกิน 500 ส่วนในล้านส่วน (โดยคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์)

กรณีที่ใช้ไนเตรทและไนไตรท์รวมกัน ต้องมีไนไตรท์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายได้ไม่เกิน 125 ส่วนต่อล้านส่วน

นงนุช รักสกุลไทย (2545) กล่าวว่า ไนไตรท์และไนเตรทไม่ควรใช้ในผลิตภัณฑ์ประมงเนื่องจากมีกรดอะมิโนและอะมีนสูง จึงมีโอกาสที่จะเกิดสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง

2.3.8.4 กระเทียม

ช่วยส่งเสริมผลิตภัณฑ์ทั้งในแง่เพิ่มกลิ่นหอมและรสชาติของแหนม และยังช่วยเป็นสารกันบูด โดยใส่ประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักอาหาร (อำนวย ผู่ตระกูล, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8.5 พริกขี้หนู

การทำแหนมอาจจะมีการเติมพริกขี้หนูเป็นเม็ด พริกขี้หนูที่เติมนั้นนอกจากจะให้รสเผ็ดเมื่อบริโภคแล้ว ยังช่วยเพิ่มสีสันที่สวยงามให้กับแหนมอีกด้วย (อำนวย ผู่ตระกูล, 2549)

2.4 ปลาจีน

ปลาจีนเป็นชื่อที่ใช้สำหรับเรียกปลาทั้ง 3 ชนิด คือ ปลาลิ่นหรือปลาลิ่นฮื้อหรือปลาเกล็ดเงิน (*Hypophthalmichtys molitrix*) ปลาเฉาหรือเฉาฮื้อหรือปลากินหญ้า (*Ctenopharyngodon idellus*) และปลาซ่งหรือซ่งฮื้อหรือปลาหัวโต (*Aristichthys nobilis*) ปลาทั้งสามชนิดนี้เป็นปลาที่นำเข้ามาจากประเทศจีน มีต้นกำเนิดมาจากลุ่มแม่น้ำแยงซีเกียง กินพืชเป็นอาหาร เช่น แพลงก์ตอน รำ ปลายข้าว แป้ง กากถั่ว เศษผัก เป็นต้น เมื่อนำมาเลี้ยงในประเทศไทย พบว่า ปลาทั้งสามชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะการเลี้ยงในบ่อที่มีขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม ปลาจะไม่วางไข่ในบ่อเลี้ยง จึงจำเป็นต้องเพาะพันธุ์โดยวิธีการฉีดฮอร์โมนผสมเทียม (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี, 2550)

2.4.1 ลักษณะทั่วไป

ในบรรดาปลาจีนทั้ง 3 ชนิดนี้ ปลาลิ่นและปลาซ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันมากที่สุด จะสังเกตความแตกต่างได้จากลักษณะของหัว ซึ่งปลาซ่งมีหัวค่อนข้างโตเมื่อเทียบกับลำตัว จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ปลาหัวโต (Bighead carp) ไม่มีสันบริเวณท้อง ตรงข้ามกับปลาลิ่นซึ่งมีหัวขนาดเล็กกว่าและมีสันแหลมบริเวณท้อง ปลาทั้งสองชนิดนี้มีเกล็ดสีเงินแวววาว แต่บางครั้งเกล็ดของปลาซ่งจะมีสีดำเป็นจุดอยู่บนเกล็ดบางส่วน สำหรับปลาเฉานั้นมีเกล็ดขนาดใหญ่ นอกจากนั้นลำตัวยังกลมและยาวมากกว่า ส่วนหลังมีสีดำน้ำตาล ส่วนท้องสีขาว (กรมประมง, 2550) ปลาจีนทั้งสามชนิดอยู่ในวงศ์เดียวกัน คือ Cyprinidae (เฉลิมวิไล ชื่นศรี, 2539)

2.4.1.1 ปลาเกล็ดเงิน (ปลาลิ่น) (Silver carp)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hypophthalmichtys molitrix* ส่วนหัวมีขนาดปานกลาง ปากเชิดขึ้น เล็กน้อยอยู่ปลายสุดของหัว ขากรรไกรล่างเฉียงขึ้นมาเล็กน้อย ตาค่อนข้างเล็กและอยู่ระดับกึ่งกลางลำตัว ส่วนหนังของเหงือกไม่เชื่อมสนิทกับแก้มส่วนล่าง มีอวัยวะ Super branchial อยู่ ซี่กรองเหงือกติดต่อกันเหมือนตะแกรงที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ ฟันที่คอหอยมีข้างละแถว ๆ ละ 4 ซี่ พื้นหน้าตัดของฟันแบนเป็นร่องละเอียด ครีบหลังมีก้านครีบเดี่ยว 3 ก้าน และก้านครีบแขนง 7 ก้าน ครีบก้นมีก้านครีบเดี่ยว 3 ก้าน และก้านครีบแขนง 11-14 ก้าน ครีบอกมีก้านครีบเดี่ยว 1 ก้าน และมีก้านครีบแขนง 17 ก้าน ครีบท้องมีก้านครีบเดี่ยว 1 ก้าน และมีก้านครีบแขนง 8 ก้าน เกล็ดบนเส้นข้างลำตัวมี 110-123 เกล็ด ลำตัวรูปกระสวยแบนข้าง ส่วนท้องเป็นสันยาวจากอกถึงรูก้น ลำตัวส่วนหลังสีดำ เทา ส่วนอื่นสีเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 ปลากินหญ้า (ปลาเฉา) (Grass carp)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ctenopharyngodon idellus* ส่วนหัวค่อนข้างแบน ปากอยู่ปลายสุด เฉียงขึ้นเล็กน้อย ขากรรไกรล่างสั้นกว่าขากรรไกรบน ตาเล็ก ซี่เหงือกติดต่อกับแก้ม ซี่กรองเหงือกห่างและสั้น ฟันที่คอหอยมีอยู่ 7 แถวคล้ายหวี ข้างซ้ายมี 2-5 ซี่ ข้างขวามี 2-4 ซี่ ครีบหลังสั้นมีก้านครีบเดี่ยว 3 ก้าน และก้านครีบแขนง 7 ก้าน ครีบก้นมีก้านครีบเดี่ยว 3 ก้าน และก้านครีบแขนง 8 ก้าน ครีบอกมีก้านครีบเดี่ยว 2 ก้าน และก้านครีบแขนง 14 ก้าน ครีบท้องมีก้านครีบเดี่ยว 1 ก้าน และก้านครีบแขนง 8 ก้าน เกล็ดขนาดใหญ่บริเวณข้างลำตัว 34-35 เกล็ด ลำตัวรูปกระสวยคล้ายทรงกระบอก หางแบนข้าง ส่วนหลังมีสีดำ น้ำตาล ท้องสีขาว

2.4.1.3 ปลาหัวโต (ปลาซ่ง) (Bighead carp)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aristichthys nobilis* ส่วนหัวมีความยาวประมาณ 1 ใน 3 ของลำตัว ปากอยู่ปลายสูงสุดและ เชิดขึ้นข้างบน ขากรรไกรล่างเฉียงขึ้นข้างบนเล็กน้อย ตาค่อนข้างเล็กอยู่ต่ำเยื้องมาทางส่วนหน้า ซี่กรองเหงือกถี่และมีขนาดเล็กแต่ไม่ติดกัน ที่คอหอยมีฟันข้างละแถว แถวละ 4 ซี่ พื้นหน้าตัดของฟันแบนและเรียบ ครีบบนหลังมีก้านครีบเดี่ยว 3 ก้าน และก้านครีบแขนง 11-14 ก้าน ครีบอกมีก้านครีบเดี่ยว 1 ก้าน และก้านครีบแขนง 17 ก้าน ครีบท้องมีก้านครีบเดี่ยว 1 ก้าน และก้านครีบแขนง 8 ก้าน เกล็ดเล็กที่เส้นข้างลำตัวมี 95-105 เกล็ด ลำตัวรูปกระสวย ส่วนท้องเป็นสันตั้งแต่ครีบท้องถึงครีบก้น หางแบนข้างและเป็นสัน ส่วนหลังจะมีสีคล้ำและจุดดำบางแห่ง ท้องเหลือง (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี, 2550)

2.4.2 องค์ประกอบทางเคมีของปลา (ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ, 2544)

2.4.2.1 น้ำ (water)

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของปลา น้ำในเนื้อปลาไม่แข็งตัวที่ 0 องศาเซลเซียส แต่จะแข็งตัวที่ประมาณ -0.9 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิลดต่ำถึง 0 องศาเซลเซียส น้ำในตัวปลาจะแข็งตัวประมาณร้อยละ 90 เท่านั้น ความคงตัว (retention) ของน้ำในเนื้อปลาเกิดจากความชื้นในเส้นใยเนื้อปลาเกาะตัวกันแน่นรวมกับสารคอลลอยด์ ความคงตัวนี้จะพบมากในปลาสดที่จับมาใหม่ ๆ และจะลดลงเมื่อเก็บไว้ในน้ำแข็งหรือแช่เยือกแข็ง น้ำอยู่ในสัตว์น้ำ 2 รูปแบบ คือ

- รูปอิสระ (free water) น้ำที่อยู่ในสภาวะนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้สารอื่น เช่น โปรตีนคอลลอยด์ กระจายอยู่ทั่วไป ขณะเดียวกันน้ำยังทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสารอื่นอีกด้วย

- รูปยึดเหนี่ยว (bound water, adsorbed water) น้ำในสภาวะนี้จะอยู่ตามผิวของคอลลอยด์ในโปรตีนและตามผนังเซลล์ เมื่อได้รับความร้อนจากการอบตัวอย่างเพื่อหาความชื้น น้ำในสภาวะนี้จะระเหยได้ช้ากว่าน้ำที่อยู่ในรูปอิสระ ดังนั้น จึงต้องใช้ความร้อนสูงเข้ามาช่วย ตรงข้ามกับน้ำที่อยู่ในรูปอิสระที่ระเหยง่ายเมื่อใช้ความร้อนต่ำหรือแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาอยู่ในช่วงร้อยละ 8-28 สำหรับปริมาณโปรตีนในปลาอยู่ในช่วงร้อยละ 15-25 (ของน้ำหนักสด) ขณะวางไข่โปรตีนอาจลดลงจากปกติ

ประเภทโปรตีน กล้ามเนื้อสัตว์น้ำประกอบด้วยโปรตีน 2 ประเภท ซึ่งแบ่งตามลักษณะการละลาย

ก) โปรตีนไม่ละลายน้ำ (fibrous protein) โปรตีนกลุ่มนี้ละลายได้ในสารละลายน้ำเกลือ ได้แก่

1. โปรตีนที่ยืดหดได้ (contractile protein, myofibrilla protein) ลักษณะเป็นเส้นมองเห็นด้วยตาเปล่า ทำหน้าที่ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ มีประมาณร้อยละ 65-72 ของโปรตีนทั้งหมด สกัดได้ด้วยสารละลายเกลือที่มี ionic strength สูงกว่า 0.5 จำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1.1 ไมโอซิน (myosin) เป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลเป็นโซ่ยาว เรียงตัวเป็นร่างแห (net work) เล็ก เมื่อบดจะเกิดความเหนียว อุ้มน้ำได้ดี เปลี่ยนแปลงง่ายเมื่อถูกความร้อน ตกตะกอนได้ง่าย ย่อยได้ด้วยทริปซิน (trypsin) และไคโมทริปซิน (chymotrypsin) มีกลุ่ม SH เสริมและไวต่อปฏิกิริยาเคมี ปลาต่างชนิดกันจะมีอัตราการตกตะกอนไม่เท่ากัน ปลาแต่ละชนิดมีปริมาณไมโอซินต่างกัน ปลาที่มีเนื้อสีเข้มมีปริมาณไมโอซินต่ำกว่าปลาที่มีเนื้อสีอ่อน ส่วนปลาที่จับได้ใหม่ ๆ มีปริมาณไมโอซินสูงสุดและลดลงเป็นลำดับตามระยะเวลาการเก็บ พร้อมกับมีการเปลี่ยนสภาพโปรตีนด้วย ความยืดหยุ่นของเนื้อปลาขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอซิน ปลาที่มีไมโอซินสูงมีความยืดหยุ่นกว่าปลาที่มีปริมาณไมโอซินต่ำ

1.2 แอคติน (actin) มีหน้าที่ช่วยในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับไมโอซิน เมื่อรวมตัวกันได้สารประกอบแอคโตไมโอซิน (actomyosin) ซึ่งละลายน้ำได้

2. โทรโปไมโอซิน (tropomyosin) มีโทรโปนิน (troponin) เป็นส่วนประกอบ ช่วยในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ

3. โปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue protein, stoma protein) โปรตีนชนิดนี้พบน้อยมากในสัตว์น้ำ มีประมาณร้อยละ 3 ในปลากระดูกแข็ง และประมาณร้อยละ 10 ในปลากระดูกอ่อน ดังนั้นเนื้อปลาจึงนุ่มย่อยง่ายไม่เหมือนเนื้อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ข) โปรตีนที่ละลายน้ำ (globular protein)

1. ไกลโคโปรตีน (glycoprotein) เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและไกลโคเจน พบมากในเมือกปลาและตับ

2. เอนไซม์โปรตีน (enzyme protein) กล้ามเนื้อสัตว์น้ำมีเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนได้จำนวนมาก เอนไซม์ที่สำคัญได้แก่ คาเทปซิน (cathepsin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไมโอโกลบินโปรตีน (myoglobin protein) โปรตีนที่ให้สีประกอบด้วยธาตุเหล็กและไนโตรเจน เช่นเดียวกับสัตว์ทั่ว ๆ ไป ปลาที่มีเนื้อสีคล้ำ เช่น ปลาทูน่า จะมีปริมาณไมโอโกลบินสูงกว่าปลาที่มีเนื้อสีขาว เช่น ปลาจาระเม็ดขาว โดยจะพบมากในกล้ามเนื้อสีดำซึ่งเป็นบริเวณใต้ผิวหนัง ซึ่งอยู่สองข้างตามเส้นข้างตัว

2.4.2.3 กรดอะมิโน (amino acid)

กรดอะมิโนในสัตว์น้ำได้จากการสลายตัวของโปรตีนด้วยเอนไซม์ โดยทั่วไปกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำมีปริมาณใกล้เคียงกับในสัตว์อื่น แต่ปริมาณไดอะมิโนไนโตรเจนในปลาจะสูงกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเฉพาะไลซีน ฮิสติดีน อาร์จินีน สำหรับไลซีนในกล้ามเนื้อปลาสูงกว่าในกล้ามเนื้อวัวถึงร้อยละ 30 นอกจากนี้ปลายังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบตามความต้องการของมนุษย์ มนุษย์บริโภคปลาเพียงวันละ 200 กรัมจะได้ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นจำนวนมาก

ตาราง 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลา 200 กรัม และความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายคน (กรัม)

กรดอะมิโน	ปริมาณที่พบในเนื้อปลา	ความต้องการของร่างกายต่อวัน*
ทรีโอนีน (threonine)	1.6	1.0
วาลีน (valine)	2.0	1.6
ลูซีน (leucine)	2.8	2.2
ไอโซลูซีน (isoleucine)	2.0	1.4
ไลซีน (lysine)	3.2	1.6
เมทไธโอนีน (methionine)	1.2	2.2
ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)	1.4	2.2
ทริปโตเฟน (trypthophan)	0.4	0.5

หมายเหตุ *น้ำหนัก 68 กิโลกรัม

ที่มา: ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ (2544)

2.4.2.4 ไขมัน

ไขมันปลาพบอยู่ใต้ผิวหนังและในกล้ามเนื้อจำแนกได้ 2 ชนิด คือ ไขมันที่ร่างกายเก็บไว้ใช้เป็นพลังงาน (depot–fat) ส่วนไขมันที่ไม่ได้ถูกเก็บไว้ใช้เป็นพลังงาน (non-depot-fat) ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด สฟิงโกลิปิด และสเตอรอล อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันจากสัตว์ต่างชนิดกันพบว่า ไขมันจากกล้ามเนื้อสัตว์น้ำมีปริมาณต่ำที่สุด จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.5 คาร์โบไฮเดรต

เป็นแหล่งพลังงานที่ให้แก่กระบวนการเมตาโบลิสซึมเพื่อให้ดำเนินชีวิตต่อไปได้ หลังจากปลาตาย ATP จะแตกตัวให้น้ำตาลไรโบส คาร์โบไฮเดรต ในสัตว์น้ำพบอยู่ในรูปต่าง ๆ เช่น คอลลาเจนในปลาหมึกมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง น้ำตาลที่พบส่วนใหญ่คือ กลูโคสและกาแลคโตส ซึ่งเมื่อทำสุกใหม่ ๆ จะมีรสชาติอร่อย

2.4.2.6 สารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen compound, NPN)

ปลากระดูกแข็งประกอบด้วย NPN ประมาณร้อยละ 9.2-18.3 ของไนโตรเจนทั้งหมด และประมาณร้อยละ 33.0-38.6 ในปลากระดูกอ่อน ส่วนปลาตัวแบนอยู่ในช่วงร้อยละ 9.0-14.0 โดยในปลาวงศ์ clupeids เช่น ปลาหลังเขียว (herring) ปลากะตัก ปลาไส้ตัน มีประมาณร้อยละ 16.0-18.0 ความแตกต่างของปริมาณ NPN ในสัตว์น้ำนั้นเนื่องมาจากชนิดและอาหารที่ได้รับ จากการแยกองค์ประกอบของกล้ามเนื้อปลาและหอย พบว่า ร้อยละ 95 หรือมากกว่า ของปริมาณ NPN ประกอบด้วยกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) อิมิดาโซลไดเปปไทด์ (imidazole dipeptides) สารประกอบกัวนิดีน (guanidine compound) ไตรเมธิลามีนออกไซด์ (trimethylamine oxide, TMAO) ยูเรีย (urea) บีเทน (betaines) นิวคลีโอไทด์ (nucleotides) และสารอื่น ๆ

2.4.2.7 วิตามิน

วิตามินที่พบในเนื้อปลา เช่น วิตามินเอ ดี อี ที่ละลายในไขมัน พบมากในตับปลาฉลาม นอกจากนั้นยังพบวิตามินบีในตับและไข่ปลาอีกด้วย วิตามินซีพบใน adrenal cortex ซึ่งไม่นิยมบริโภค

2.4.2.8 แร่ธาตุ

ปริมาณแร่ธาตุในเนื้อปลาอยู่ในช่วงร้อยละ 3.4 ของน้ำหนักสด กระดูกโครงสร้างมีแคลเซียมและโบรมีนร้อยละ 70-80 ของปริมาณแร่ธาตุทั้งหมด

2.4.3 การจำหน่าย

การขายส่งปลาจีนมีตลาดจำกัด ยังไม่มีวางขายโดยทั่วไป การขายปลาต้องติดต่อกับผู้ซื้อซึ่งจะมีเป็นบางท้องที่ เช่น ตลาดเก่าเยาวราช และตามร้านขายอาหารจีน ปลาจีนจำหน่ายในขณะที่ปลายังมีชีวิตอยู่ ก่อนนำมาจำหน่ายต้องจับปลาให้อยู่ในน้ำสะอาดอย่างน้อย 2 วัน ขนาดที่จำหน่ายนั้นตั้งแต่ 0.5-1.0 กิโลกรัม หรือขนาดใส่จานเปลพอดี เมื่อปลาติดตลาด ผู้ซื้อจะคัดปลาเองที่บ่อเลี้ยง ส่วนมากการซื้อขายจะผูกพันกันเป็นลูกโซ่ เช่น ถ้าผู้เลี้ยงซื้อลูกปลาของผู้ขาย ผู้ขายคัดจำหน่ายปลาโตให้ ดังนี้เป็นต้น ราคาจำหน่ายอยู่ระหว่าง 15-20 บาทต่อกิโลกรัม (เฉลิมวิไล ชื่นศรี, 2539) การขายปลีกตามตลาดสดมักจะแบ่งปลาขายตัวหนึ่ง 2 ท่อนเท่านั้น คือท่อนหัวและท่อนหางปัจจุบันปลาจีนมีการจำหน่าย 2 รูปแบบ คือขนาด 7-8 ขีด นำไปประกอบอาหารโต๊ะจีนและขนาด 1.5-2 กิโลกรัม เช่น ปลานึ่ง หัวปลาหม้อไฟ ฯลฯ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.4 การแปรรูป

ปลาจีนทำเป็นอาหารได้เช่นเดียวกับปลาน้ำจืดอื่น ๆ ทั่ว ๆ ไป นอกจากการขอดเกล็ด ควักไส้ ทำความสะอาดบริเวณท้องแล้ว สิ่งที่สำคัญคือ เยื่อบุช่องท้องที่เป็นสีดำต้องดึงออกทิ้งให้หมด มิฉะนั้นอาจทำให้ปลามีรสขมไม่น่ารับประทานได้ ปลาจีนมีก้างมากคล้ายปลาตะเพียน (เฉลิมวิไล ชื่นศรี, 2539)

2.4.5 แนวโน้มการเลี้ยงปลาจีนในอนาคต

แนวโน้มด้านการตลาดของปลาจีนยังคงอยู่ในสภาวะที่มีปริมาณความต้องการบริโภคสูง เนื่องจากเป็นปลาที่มีรสชาติดี ราคาไม่แพงมากนัก และนิยมประกอบอาหารเป็นปลาจานระดับภัตตาคาร อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาจีนในขณะนี้ ส่วนใหญ่มิได้เลี้ยงปลาเป็นหลักแต่จะปล่อยเสริมเพื่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในแหล่งน้ำโดยมิให้เกิดความสูญเปล่า เนื่องจากปลาจีนจะกินอาหารต่างระดับกับปลาที่เลี้ยงเป็นหลัก มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว ไม่ค่อยพบปัญหาโรคระบาด ดังนั้นปลาจีนจึงเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งซึ่งมีตลาดค่อนข้างจะแน่นอน อันจะเสริมสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้เลี้ยงได้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี, 2550)

2.5 การใช้รังสีกับผลิตภัณฑ์อาหาร

2.5.1 ความหมาย (ฝ่ายวิศวกรรมนิวเคลียร์, 2552)

2.5.1.1 การฉายรังสีอาหาร (food irradiation)

คือ การนำอาหารที่บรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่เหมาะสมไปผ่านการฉายรังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์ หรืออิเล็กตรอน ในห้องกำบังรังสี ในปริมาณรังสีที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี เช่น การฆ่าเชื้อโรคและพยาธิ การยับยั้งการทำลายของแมลง การยืดอายุการเก็บรักษา การยับยั้งการงอก และการชะลอการสุก การฉายรังสีอาหารเพื่อการพาณิชย์ภายในประเทศจะต้องดำเนินการในสถานที่และใช้เครื่องมือที่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และจะต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 103 (พ.ศ. 2529) เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการผลิตอาหารซึ่งมีการใช้กรรมวิธีการฉายรังสี เช่น แหนมฉายรังสีใช้ปริมาณรังสีเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 4 กิโลเกรย์ เครื่องเทศฉายรังสีใช้ปริมาณรังสีเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 10 กิโลเกรย์

2.5.1.2 อาหารฉายรังสี (irradiated food)

คือ อาหารที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีด้วยปริมาณรังสีที่เหมาะสมซึ่งไม่ก่อให้เกิดสารกัมมันตรังสีหรือมีรังสีตกค้างแต่ประการใดจึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อาหารที่ผ่านการฉายรังสีเพื่อการพาณิชย์ภายในประเทศจะต้องมีฉลากแสดงข้อความและเครื่องหมายว่าผ่านการฉายรังสีแล้ว พร้อมทั้งระบุวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี ชื่อ ที่ตั้งของผู้ผลิต ผู้ฉายรังสี และวันเดือนปีที่ฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
175525

2.5.2 หน่วยวัดปริมาณรังสีที่เกี่ยวข้องกับอาหารฉายรังสี

ในการฉายรังสีอาหารด้วยรังสีแกมมากำหนดปริมาณรังสีที่อาหารรับไว้ได้ (Radiation absorbed dose-rad) ดังนี้

1 อิเล็กตรอนโวลต์ (eV) = 1.6×10^{-13} เอิร์ก (ergs)

1 แรด (rad) = การดูดกลืนพลังงานรังสี 100 เอิร์ก (ergs) ต่อกรัมของสสาร

1 เกรย์ (Gray) = 100 แรด (rad)

= 1 จูลต่อกิโลกรัม (J/kg)

1 กิโลเกรย์ (kGy) = 1000 Gray

2.5.3 ชนิดของรังสี

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข กำหนดชนิดของรังสีเพื่อใช้ในกิจกรรมฉายรังสีอาหารดังนี้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2529)

2.5.3.1 รังสีแกมมา เป็นรังสีที่นิยมใช้มากในการถนอมอาหาร สารที่เป็นต้นกำเนิดรังสีนี้ คือ โคบอล-60 หรือซีเซียม-137 ซึ่งรังสีแกมมานี้เป็นรังสีที่นิยมใช้ โดยได้กำหนดปริมาณรังสีแกมมาที่นำมาใช้ตามปริมาณรังสีออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ปริมาณรังสีต่ำ ปานกลาง และสูง (ฉันทนา จุติเทพารักษ์ และคณะ, 2532)

2.5.3.2 รังสีเอกซ์ (X-ray) ได้จากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ที่ทำงานด้วยระดับพลังงานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

2.5.3.3 รังสีอิเล็กตรอน ได้จากเครื่องผลิตรังสีอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

2.5.4 วัตถุประสงค์ของการถนอมอาหารด้วยรังสี (Anonymous, 1982)

ตามข้อตกลงขององค์การ 3 องค์การคือ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ และองค์การอนามัยโลก ได้แบ่งรังสีที่ใช้ตามวัตถุประสงค์ในการถนอมอาหาร ได้ดังนี้

2.5.4.1 การฉายรังสีระดับปลอดเชื้อ (Radappertization หรือ Radiation Sterilization) เป็นวิธีการถนอมอาหารด้วยรังสีปริมาณสูงอยู่ในช่วง 10-50 กิโลเกรย์ เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ลงให้เหลือน้อยที่สุด เป็นผลให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นาน โดยไม่เน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ การฉายรังสีแบบนี้มีการนำมาใช้ในกิจการปลอดเชื้อในระดับการค้า และใช้ในการกำจัดไวรัส ปัจจุบันได้มีการฉายรังสีเครื่องเทศในหลายประเทศเป็นการค้าโดยใช้รังสีมากกว่า 10 กิโลเกรย์ เช่น ประเทศเบลเยี่ยม ฮังการี เนเธอร์แลนด์ และสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.2 การฉายรังสีเพื่อยืดอายุการเก็บ (Radurization หรือ Radiation Pasteurization) เป็นวิธีการถนอมอาหาร เช่น อาหารทะเล เนื้อสัตว์และผลไม้ มีอายุการเก็บรักษาสั้น เสื่อมคุณภาพเร็วเนื่องจากการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อราและจากการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการทางชีวเคมี การฉายรังสีอาหารทะเลและเนื้อสัตว์ด้วยปริมาณรังสี 1-3 กิโลเกรย์ จะช่วยลดแบคทีเรียลงได้หลายเท่า ทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น แต่ต้องใช้ความเย็นร่วมด้วยหลังจากการฉายรังสี

2.5.4.3 การฉายรังสีเพื่อฆ่าเชื้อโรค (Radiciation หรือ Radiation Disinfection) เป็นวิธีการถนอมอาหารด้วยรังสีปริมาณปานกลาง คืออยู่ในช่วง 1-10 กิโลเกรย์เพื่อกำจัดเชื้อโรคชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ในอาหาร เป็นผลให้เกิดความปลอดภัยในการบริโภคอาหาร ปัจจุบันได้มีการฉายรังสีเพื่อกำจัดเชื้อโรคในอาหารสัตว์เป็นการค้าในเบลเยี่ยม

2.5.4.4 การฉายรังสีเพื่อกำจัดแมลง (Radiation Disinfestation) เป็นวิธีการถนอมอาหารด้วยรังสีปริมาณต่ำอยู่ในช่วงไม่เกิน 1 กิโลเกรย์ เพื่อที่จะกำจัดแมลงที่เจาะกินอาหารประเภทธัญพืช ผลไม้ และอื่น ๆ การกำจัดแมลงด้วยวิธีการอื่นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ การใช้สารเคมีพวก ethylene dibromide (EDB) รมควันผักและผลไม้เพื่อกำจัดแมลง ในสหรัฐอเมริกาได้มีกฎหมายห้ามใช้สาร EDB รมควันผักและผลไม้ในปี 1981 โดย U.S. EPA (The United State, Environmental Protection Agency) เนื่องจากพบว่าสาร EDB สามารถก่อให้เกิดมะเร็งและเกิดความพิการในรุ่นลูก

2.5.4.5 การฉายรังสีเพื่อยับยั้งการงอก (Radiciation Sprout Inhibition) เป็นวิธีการถนอมอาหารด้วยรังสีปริมาณต่ำอยู่ในช่วงไม่เกิน 1 กิโลเกรย์ เพื่อยับยั้งการงอกของพืชประเภทหัว เช่น หอมหัวใหญ่ มันฝรั่ง ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานมากกว่า 6 เดือน ปัจจุบันได้มีการฉายรังสีหอมหัวใหญ่และมันฝรั่งเป็นการค้าในประเทศฮังการี อิตาลี ญี่ปุ่น อัฟริกาใต้

2.5.5 ผลของการฉายรังสี

ในการฉายรังสี รังสีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบของเป้าหมาย 2 ลักษณะ คือ ทางตรง (direct effect) และทางอ้อม (indirect effect) (IAEA, 1982)

2.5.5.1 ผลทางตรง (direct effect) คือการที่รังสีเข้าไปกระทำต่อเป้าหมายโดยตรง เช่น ในการฉายรังสีเพื่อการทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ รังสีจะเข้าไปทำลายโครงสร้างสำคัญของเซลล์ เช่น DNA ทำให้เซลล์ถูกทำลายไปหรือมีการเจริญอย่างผิดปกติ กระทรวงสาธารณสุข (2529) ได้ระบุไว้ว่าวัตถุประสงค์ของการฉายรังสีในแหนมคือการทำลายพยาธิและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และปริมาณรังสีที่อนุญาตใช้สูงสุดเท่ากับ 4 กิโลเกรย์

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (2536) พบว่า รังสีปริมาณ 2 กิโลเกรย์ สามารถทำลายเชื้อโรคท้องร่วง *Salmonella* ที่อาจติดมากับเนื้อที่ใช้ทำแหนมได้หมดสิ้นนอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของแหนมให้ดีขึ้นอีกด้วย ในด้านการทำลายพยาธิ พบว่า รังสีแกมมาสามารถทำลายพยาธิที่ติดมากับเนื้อสัตว์ได้หมด แหนมที่นำมาฉายรังสีจะต้องผ่านการหมักมาแล้วอย่างน้อย 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงจะได้แหนมฉายรังสีที่มีรสชาติดี ในการฉายรังสีแต่ละครั้งต้องมีการตรวจสอบปริมาณรังสีที่ฉายให้แก่แหนมทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าแหนมที่ผ่านการฉายรังสีได้รับปริมาณรังสีตามที่กำหนด แหนมฉายรังสีสามารถเก็บไว้ได้นาน 10 วันที่อุณหภูมิห้องและนาน 2 เดือนในตู้เย็น

มานิต กิ่งทอง (2547) ได้ทำการทดลองเก็บรักษาแหนมปลา 3 วิธี คือ วิธีแรกผ่านการฉายรังสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิธีที่สองผ่านการฉายรังสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และวิธีที่สามไม่ผ่านการฉายรังสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส พบว่า การฉายรังสีสามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดจาก 10^9 โคโลนีต่อกรัม ให้เหลือ 10^3 โคโลนีต่อกรัม และลดปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจาก 10^8 โคโลนีต่อกรัม ให้เหลือ 10^2 โคโลนีต่อกรัม ส่วนปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม coliforms faecal coliforms และ *E. coli* ซึ่งก่อนการฉายรังสีมีปริมาณ >1100 11-15 และ 6 เอ็มพีเอ็นต่อกรัม ตามลำดับ แต่หลังจากการฉายรังสีปริมาณของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ลดลงเหลือ <3 เอ็มพีเอ็นต่อกรัม ซึ่งแสดงว่าการฉายรังสีสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลง ทำให้สามารถบริโภคแหนมดิบได้อย่างปลอดภัย เมื่อเก็บรักษาแหนมปลาไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส พบว่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมในเดือนที่ 2 ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่เดือนที่ 3 ลักษณะต่าง ๆ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแสดงว่าสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้อย่างน้อย 2 เดือน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาแหนมปลาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไม่สามารถยืดอายุการเก็บได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดังนั้นแสดงว่าการฉายรังสีและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส น่าจะเพียงพอและเหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาแหนมปลา

2.5.5.2 ผลทางอ้อม (indirect effect) คือการที่รังสีเข้าไปกระทำต่อสภาพแวดล้อมของเป้าหมาย ผลที่เกิดขึ้นจะกระทำต่อเป้าหมายอีก ในลักษณะนี้สามารถอธิบายได้ว่าสภาวะแวดล้อมของอาหาร คือ ออกซิเจนและน้ำ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำเนื่องจากการฉายรังสี จึงมีความสำคัญมากในการฉายรังสี

2.5.6 ผลของรังสีที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร (มานิต กิ่งทอง, 2547)

2.5.6.1 ผลของรังสีที่มีต่อน้ำ อาหารส่วนใหญ่จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบดังนั้นในการฉายรังสีอาหาร การเปลี่ยนแปลงของน้ำจึงมีความสำคัญต่อการฉายรังสี เมื่อฉายรังสีแกมมาแก่น้ำจะเกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระซึ่งเกิด intermediate product ที่สำคัญ 3 ชนิดคือ (IAEA, 1982)

1) Hydrate electron ซึ่งเป็น reducing agent

2) Hydroxyl radical (OH) ซึ่งเป็น oxidizing agent

3) Hydrogen atom (H) ซึ่งเป็น oxidizing agent และ reducing agent

อนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดอยู่ในเวลาที่น้อยกว่า 10-11 วินาที และจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่น หรือสลายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6.2 ผลของรังสีที่มีต่อองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็ก ผลของรังสีแกมมาต่อองค์ประกอบเหล่านี้ คือทำให้คาร์โบไฮเดรตแตกตัวต่างกันออกไป สารประกอบที่เป็นโพลีแซคคาไรด์จะแตกตัวเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กลง และน้ำตาลเหล่านี้จะแตกตัวต่อไปเป็นสารประกอบอื่น ๆ เช่น กรด อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ เป็นต้น

2.5.6.3 ผลของรังสีที่มีต่อไขมัน รังสีจะทำให้เกิดการแตกตัวของโครงสร้างที่ C-C, C=C และ C≡C bond ของกรดไขมัน กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะถูกทำลายง่ายกว่ากรดไขมันที่อิ่มตัว และหากในสภาพแวดล้อมมีออกซิเจน จะเกิดสารพวกเพอร์ออกไซด์ ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้คล้ายกับการเกิดออโตออกซิเดชั่น (autooxidation) ของกรดไขมันในการเกิดการหืนตามธรรมชาติ

ศรัณยา เปียแดง (2528) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของหมูยอที่ผ่านการฉายรังสี พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBA จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และเพิ่มสูงสุดถึง 3.47 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของหมูยอ แสดงว่า ค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลจากการฉายรังสีและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

อรวรรณ เลาหสินนุรักษ์ (2544) พบว่าค่า TBA ของส้มฟักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกตัวอย่างที่ฉายรังสีและมีค่าสูงกว่าค่าจากตัวอย่างที่ไม่ได้ฉายรังสี และพบว่าส้มฟักที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่า TBA สูงกว่าส้มฟักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือไม่เกิน 20 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมอาหาร

2.5.6.4 ผลของรังสีที่มีต่อวิตามิน วิตามินเป็นสารอาหารจำนวนน้อยที่ร่างกายต้องการ กรรมวิธีการถนอมอาหารต่าง ๆ นั้น ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของวิตามินทั้งคุณภาพและปริมาณ การฉายรังสีก็เช่นเดียวกัน วิตามินทุกชนิดมีความไวต่อรังสีมากกว่าอาหารอื่น ๆ ทั้งที่ละลายในน้ำและที่ละลายในไขมัน โดยวิตามินที่ละลายในน้ำมีความไวต่อรังสีมากกว่าวิตามินที่ละลายในไขมัน

2.5.6.5 ผลของรังสีที่มีต่อโปรตีน การฉายรังสีโปรตีนจะทำให้เกิดการกำจัดหมู่เอมีน (deamination) การแตกตัวของพันธะเปปไทด์และพันธะไดซัลไฟด์ และให้สารประกอบไนโตรเจนที่มีขนาดเล็กลง เช่น แอมโมเนีย อัลดีไฮด์ เป็นต้น Simic (1978) พบว่าปฏิกิริยานี้จะลดลงหากการฉายรังสีกระทำในสภาวะอุณหภูมิต่ำและมีออกซิเจนน้อย การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดมากเมื่อใช้ปริมาณรังสีสูง แต่ในระดับปริมาณรังสีต่ำจะเกิดเพียงเล็กน้อย และเนื่องจากเอนไซม์ก็เป็นสารประกอบโปรตีน ดังนั้นจึงเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับโปรตีนทั่วไป โดยการใช้รังสีมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity) มาก เช่น ฟอสโฟไลเปส สูญเสียการทำงานไปร้อยละ 80 เมื่อฉายรังสีแกมมาถึง 600 กิโลเกรย์ (Diehl, 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 ผลของรังสีที่มีต่อจุลินทรีย์

สิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่สำคัญคือจุลินทรีย์ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความต้านทานต่อรังสีแตกต่างกัน (IAEA, 1982) รังสีแกมมาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งจากผลของรังสีโดยทางตรงและทางอ้อม ทำให้องค์ประกอบและสภาพแวดล้อมของจุลินทรีย์เปลี่ยนไป ซึ่งจะเป็นผลให้กิจกรรมเพื่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ เช่น การหายใจ การเคลื่อนที่ กิจกรรมทางชีวเคมี เปลี่ยนหรือหยุดดำเนินกิจกรรม ปริมาณรังสีที่มากพอจะทำให้จุลินทรีย์ตายไปในที่สุด รังสีสามารถทำลายจุลินทรีย์โดยเฉพาะพวกแบคทีเรียแกรมลบ เช่น *Salmonella* และ *E. coli* รวมทั้งพวกที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย พวกที่อยู่ภายในช่องทางเดินอาหารและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค จะทนต่อการฉายรังสีน้อยกว่าแบคทีเรียแกรมบวก สำหรับแบคทีเรียที่สร้างสปอร์อาจต้องใช้ปริมาณรังสีสูง รังสีปริมาณต่ำสามารถฆ่าแมลงและพยาธิ หรือหยุดการเจริญของเชื้อรา แต่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของจุลินทรีย์เอง (mutation) (อรวรรณ เลาหสินนุรักษ์, 2544)

Riebroy และคณะ (2007) ศึกษาผลของการฉายรังสีต่อสมบัติและความคงตัวในการเก็บของส้มฟัก เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การฉายรังสีสามารถทำให้ปริมาณของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกลดลง โดยในวันแรก ส้มฟักที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกเท่ากับ $2.8x10^8$ โคโลนีต่อกรัม ในขณะที่ส้มฟักที่ฉายรังสีที่ระดับ 2 และ 6 กิโลเกรย์ ไม่พบแบคทีเรียชนิดนี้ แสดงว่าการฉายรังสีสามารถลดจำนวนปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกได้ เนื่องจากรังสีทำให้ DNA เกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายแต่หลังจากเก็บเป็นระยะ 15 วันส้มฟักที่ฉายรังสี 2 กิโลเกรย์ จะมีปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น 3 log cycle

โกวิทย์ นุชประมูล และคณะ (2551) ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ เคมี และประสาทสัมผัสของปลาส้มฟักโดยใช้ตัวอย่างจากบริษัทสุทธิลักษณ์ อินโนฟู้ด จำกัด นำไปฉายรังสีปริมาณ 0 2 และ 3 กิโลเกรย์ แล้วตรวจคุณภาพที่กรมประมงภายใน 3 ชั่วโมงหลังการฉายรังสี ผลการตรวจคุณภาพด้านจุลินทรีย์พบว่า ปลาส้มฟักก่อนการฉายรังสีมีจำนวนจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง คือมีปริมาณเชื้อราเกิน 100 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเกินข้อกำหนดด้านสุขอนามัยของมาตรฐานแหนมปลา (มผช. 471/2547) โดยปลาส้มฟักที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณเชื้อราเท่ากับ 1160 โคโลนีต่อกรัม แต่เมื่อผ่านการฉายรังสีปริมาณ 2 และ 3 กิโลเกรย์แล้วสามารถลดเชื้อราได้ 2 log cycles คือมีปริมาณเชื้อราเท่ากับ 56 และ 49 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ

Samelis และคณะ (2005) ศึกษาผลของการฉายรังสีปริมาณ 2 และ 4 กิโลเกรย์ เพื่อควบคุม *Listeria* spp. และ *E. coli* O157:H7 ของเนื้อสัตว์แช่แข็งที่ใช้สำหรับทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก พบว่า การฉายรังสีปริมาณ 2 กิโลเกรย์ สามารถทำให้ปริมาณของ *Listeria* spp. และ *E. coli* O157:H7 เริ่มต้นที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์แช่แข็งลดลงได้ 1.3 และ 2.0 log cycle ตามลำดับ ส่วนปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสี 4 กิโลเกรย์สามารถทำให้ปริมาณของ *Listeria* spp. และ *E. coli* O157:H7 เริ่มต้นที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์แช่แข็งลดลงได้ 2.4 และ 5.5 log cycle ตามลำดับ กล่าวคือปริมาณรังสี 4 กิโลเกรย์สามารถกำจัด *E. coli* ที่ปนเปื้อนอยู่ในเนื้อสัตว์แช่แข็งให้หมดไปตั้งแต่วันแรกของการหมัก แต่ตัวอย่างที่ฉายรังสี 2 กิโลเกรย์และไม่ฉายจะไม่พบ *E. coli* หลังจากเก็บไว้ 7 และ 21 วัน ตามลำดับ

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ (2535) พบว่า การฉายรังสีอาหารเพื่อกำจัดพยาธิ *Trichinella spiralis* ที่ทำให้เกิดโรคพยาธิกล้ามเนื้อหรือโรคทริคิโนซิส (Trichinosis) ทำได้โดยใช้ปริมาณรังสี 0.15 กิโลเกรย์ก็สามารถป้องกันไม่ให้ทำอันตรายแก่คนได้แล้ว และปริมาณรังสี 0.3 กิโลเกรย์สามารถกำจัดพยาธิชนิดนี้ได้ ส่วนการฉายรังสีเพื่อกำจัดพยาธิใบไม้ในตับ (*Opisthorchis viverrini*) ในปลาน้ำจืดใช้รังสีปริมาณ 0.6 กิโลเกรย์

2.5.8 ผลของรังสีต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส

การฉายรังสีทำให้กลิ่น สี และเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ปริมาณรังสีที่ใช้ และอุณหภูมิขณะฉายรังสี ดังนั้นปริมาณรังสีที่เหมาะสมสำหรับอาหารแต่ละชนิดจึงแตกต่างกันออกไป การฉายรังสีอาหารตามปริมาณที่กำหนดจะไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (มานิต กิ่งทอง, 2547) การใช้รังสีเพื่อถนอมอาหารไม่สามารถทำได้กับอาหารทุกชนิด เพราะอาจมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส สี และลักษณะเนื้อของอาหารนั้น ๆ เช่น น้ำนมไม่เหมาะที่จะนำมาฉายรังสี เนื่องจากจะเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้อย่างรวดเร็ว (Wills, 1982)

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ และคณะ (2550) จากการทดลองนำกุ้งจ่อมมาผ่านการฉายรังสี 0 2 4 6 และ 8 กิโลเกรย์ โดยตรวจคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยการชิมระหว่างกุ้งจ่อมไม่ฉายรังสีกับกุ้งจ่อมฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ โดยใช้ผู้ชิมที่มีความชำนาญและมีความรู้เรื่องเกี่ยวกับกุ้งจ่อมเป็นอย่างดี คือ สมาชิกของชมรมกุ้งจ่อม อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่าผู้ชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเรื่องของกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ระหว่างกุ้งจ่อมไม่ฉายรังสีกับกุ้งจ่อมฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ ได้ ยกเว้นในเรื่องของสีของกุ้งจ่อม ผู้ชิมสามารถบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ระหว่างกุ้งจ่อมไม่ฉายรังสีกับกุ้งจ่อมฉายรังสีปริมาณตั้งแต่ 6 กิโลเกรย์ ขึ้นไปได้ โดยผู้ชิมแจ้งว่ากุ้งจ่อมที่ผ่านการฉายรังสีมาแล้วจะมีสีคล้ำกว่ากุ้งจ่อมไม่ฉายรังสีเล็กน้อย แต่หากนำมาดูโดยไม่มีตัวอย่างเปรียบเทียบก็ยากที่จะบอกได้ว่าตัวอย่างไหนผ่านการฉายรังสีมาแล้ว

2.5.9 ความปลอดภัยในการบริโภคอาหารฉายรังสี

อาหารฉายรังสีได้รับการยอมรับว่ามีความปลอดภัยต่อการบริโภค โดยเมื่อ พ.ศ. 2523 Join Expert Committee on Wholesomeness of Irradiated Food ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยองค์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนามัยโลก องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ และทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ ได้มีความเห็นร่วมกันว่าอาหารใด ๆ ก็ตามที่ผ่านการฉายรังสีในปริมาณเฉลี่ยไม่เกิน 10 กิโลเกรย์ จะไม่ก่อให้เกิดโทษอันตราย มีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคโดยไม่ต้องทดสอบความปลอดภัย (ฉันทนา จุติเทพารักษ์ และคณะ, 2532) ซึ่งผ่านการพิจารณาในเรื่องต่าง ๆ แล้วว่า ไม่มีสารกัมมันตภาพรังสีตกค้างในอาหาร ปลอดภัยจากจุลินทรีย์และสารพิษในอาหารนั้น ๆ ไม่สูญเสียคุณค่าทางอาหารมากเกินไป รวมทั้งไม่มีสารพิษ สารที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ และสารก่อมะเร็ง (มานิต กิ่งทอง, 2547) นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้รังสีกับอาหารสำหรับเป็นทางเลือกใหม่ในการถนอมอาหารเพื่อทดแทนหรือลดปริมาณการใช้สารเคมีอันมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์ เช่น ลดการใช้ไนเตรทในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ซึ่งมีแนวโน้มจะทำให้เกิดมะเร็งในผู้บริโภค ทดแทนการใช้สารเคมีรมควันเพื่อฆ่าแมลงในธัญพืช ผัก และผลไม้ ทดแทนการอบด้วยเอทธิลีนออกไซด์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในเครื่องเทศและสมุนไพร ซึ่งการใช้สารเคมีชนิดนี้ถูกจำกัดหรือห้ามใช้ในบางประเทศเนื่องจากเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ รวมทั้งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและเพิ่มมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม (บุญสม พรเทพเกษมสันต์, 2539)

การเน่าเสียของอาหารนั้นเนื่องมาจากแบคทีเรียและจุลินทรีย์ที่มองไม่เห็นในอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่นของการเก็บรักษาอาหาร เช่น การหุงต้ม การแช่เย็น การใช้สารเคมี หรือวิธีอื่น ๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่า ซึ่งบางครั้งอาจตรวจโดยใช้วิธีทางประสาทสัมผัส วิธีวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นการเก็บรักษาอาหารบางอย่างโดยใช้สารเคมีอาจมีสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ (อรวรรณ เลาหสินนุรักษ์, 2544)

มีรายงานจากนักวิทยาศาสตร์บังคลาเทศว่าตรวจพบสารฆ่าแมลงดีดีที (dichlorodiphenyl tricloroethane; DDT) ในปลาแห้งปริมาณสูงถึง 100 เท่าของปริมาณที่อนุญาตให้มีอยู่ได้ โดยกฎหมายของบังคลาเทศได้ประกาศห้ามใช้สารฆ่าแมลงดีดีทีมานานถึง 20 ปีแล้ว เป็นที่ยอมรับภายในประเทศว่าปลาแห้งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของประชาชนบังคลาเทศ ดังนั้นการตรวจพบสารฆ่าแมลงดีดีทีปริมาณสูงเช่นนี้จึงเป็นที่วิตกกันมาก สารฆ่าแมลงดีดีทีที่ปนเปื้อนในปลาแห้งเกิดจากการที่ผู้ผลิตนำสารฆ่าแมลงดีดีทีละลายน้ำแล้วนำปลาลงจุ่มหรือทาบนตัวปลาก่อนนำไปผึ่งแดดเพื่อทำลายไข่ของแมลงชนิดต่าง ๆ ที่อาจกลายเป็นตัวหนอนภายใน 3-4 วัน หรืออาจใช้วิธีฉีดพ่นเพื่อป้องกันแมลงมาไต่ตอมและวางไข่ สารฆ่าแมลงดีดีทีเป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอย่างมาก รัฐบาลบังคลาเทศจึงใช้วิธีฉายรังสีเพื่อแก้ไขปัญหานี้ พบว่า เมื่อฉายรังสีปลาแห้งที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทแล้ว สามารถฆ่าไข่และตัวหนอนในปลาแห้งได้หมดโดยไม่ทำให้สี กลิ่น รส ผิดไปจากเดิม และยังปลอดภัยจากจุลินทรีย์ พยาธิ และสารพิษ รวมทั้งสามารถเก็บได้นานหลายเดือนก่อนส่งไปจำหน่ายยังสถานที่ที่อยู่ไกลจากแหล่งผลิตได้ (บุญสม พรเทพเกษมสันต์, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.10 หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการฉายรังสี (Good Irradiation Practice)

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2533) ได้เห็นถึงความสำคัญในการกำหนด หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการฉายรังสีอาหารเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยครอบคลุมในประเด็นต่อไปนี้

1) การควบคุมกรรมวิธี ซึ่งรวมการควบคุมสารต้นกำเนิดของรังสี ระดับรังสีที่ดูดซับ การวัดและวิธีการใช้เครื่องมือในระหว่างการฉายรังสี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติการวัดรังสีและการกระจายรังสีที่ถูกต้องซึ่งช่วยให้การใช้รังสีนั้นได้ผลและตรงตามที่กฎหมายกำหนดไว้

2) สุขลักษณะของอาหาร ซึ่งนำเอาหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice; GMP) มาประยุกต์ใช้กับอาหารฉายรังสีเช่นเดียวกับอาหารชนิดอื่น วัตถุดิบที่ใช้ต้องมีคุณภาพดีและต้องทำให้เกิดความมั่นใจว่าต้องไม่มีการปนเปื้อนระหว่างการผลิตและหลังการผลิต อีกทั้งผลิตภัณฑ์ควรได้รับการปฏิบัติที่ถูกต้องในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังฉายรังสี

3) หลักปฏิบัติในการฉายรังสีที่ดี เครื่องมือที่ใช้ในการฉายรังสีอาหารต้องเหมาะสมเพื่อให้มั่นใจได้ว่าปริมาณของรังสีอยู่ในระดับที่ต้องการ รวมทั้งควบคุมปฏิบัติการฉายรังสีให้อยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม อาทิ ควบคุมอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการฉายรังสีให้เหมาะสม

4) ผลิตภัณฑ์และการควบคุม ต้องจัดผลิตภัณฑ์ที่รับเข้ามาและจำหน่ายออกไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม มีการระบุเครื่องหมายที่เป็นเอกลักษณ์ของการฉายรังสี ชนิดของต้นกำเนิดรังสี วิธีการวัดรังสี วันที่ฉายรังสี ฯลฯ และต้องมีบันทึกที่เก็บรักษาไว้อย่างดี เพื่อสามารถตรวจสอบได้ต่อไป

5) การแสดงฉลากของอาหารฉายรังสีควรต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ทั้งผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุในภาชนะและผลิตผลเกษตรที่มีปริมาณมาก ข้อกำหนดหลักคือ ต้องมีข้อความชี้ให้เห็นถึงจุดประสงค์ในการฉายรังสีและเวลาที่ทำการฉายรังสี เช่น กุ้งแช่แข็งผ่านการฉายรังสีเพื่อลดปริมาณของจุลินทรีย์

6) ความปลอดภัยของเครื่องมือในการฉายรังสี ต้องกำหนดมาตรการเกี่ยวกับความปลอดภัยโดยมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของการทำงานของระบบล็อคของห้องฉายรังสี เพื่อความปลอดภัย การเก็บรักษาต้นกำเนิดของรังสี การเข้าไปในบริเวณฉายรังสี การทำแผนที่ของสนามรังสีในโรงงาน ตลอดจนแผนการปฏิบัติในกรณีฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เนื้อปลาจีน (ปลาลิ่นหรือปลาเกล็ดเงิน) จากตลาดสดหัวตะเข้

3.1.2 ข้าวเหนียวนึ่งสุก

3.1.3 กระเทียม

3.1.4 พริกขี้หนู

3.1.5 หนังหมู

3.1.6 เกลือ

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 เครื่องมือวัดค่า pH	Suntex , SP-701	ญี่ปุ่น
3.2.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	Metter AJ100	ญี่ปุ่น
3.2.3 ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ	Sanyo	ญี่ปุ่น
3.2.4 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	Shimadzu UV-1601	ญี่ปุ่น
3.2.5 เครื่องบดผสมอาหาร	Serman	อิตาลี

3.2.6 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ค่า TBA ได้แก่ เตาหลุม ชุดกลั่น ปีเปต จุกยาง หลอดทดลองพร้อมฝา อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

3.2.7 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable Acid) ได้แก่ บิวเรตพร้อมขาตั้ง ปีเปต จุกยาง บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่

3.2.8 อุปกรณ์สำหรับการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ ถุงพลาสติก จานเพาะเชื้อ หลอดทดลองขนาด 16x150 มม.ที่มีฝาปิด ขวดรูปชมพู่ ปีเปตขนาด 15 และ 10 มล. กระจกสไลด์ เข็มเขี่ยเชื้อ (needle) และห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) แท่งแก้วรูปตัวแอล เครื่องนับจำนวนโคโลนี (colony counter) เครื่อง stomacher เครื่องเขย่าหลอดทดสอบ (vortex mixer) ตะเกียงแอลกอฮอล์ ตู้บ่มเชื้อ หม้อนึ่งความดัน (autoclave) water bath

3.2.9 อุปกรณ์สำหรับการทำผลิตภัณฑ์ ได้แก่ มีด เขียง หม้อ กะละมังสแตนเลส ทัพพี พายยาง ถุงพลาสติกขนาด 3x4 นิ้ว พร้อมหนังยางสำหรับรัดถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

3.3.1 สารเคมีสำหรับการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA), น้ำเกลือร้อยละ 0.85, Lauryl sulphate tryptose broth (LSTB), Lactose broth (LB), EC broth, Eosin methylene blue agar (EMB), Triple sugar ion agar (TSI), Tryptone broth, MR-VP medium, Trypicase soy broth (TSB), Tetrathionate broth (TTB), Iodine solution, Selenite cystine broth (SCB), Salmonella Shigella (SS) agar, Xylose-Lysine-Desoxycholate (XLD) agar, Lysine Indole Motility (LIM) medium, Trypicase soy agar (TSA), Agglutinating antiserum (polyvalent) A-67

3.3.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ค่า TBA ได้แก่ TBA reagent, 4M Hydrochloric acid

3.3.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable Acid) ได้แก่ 0.1N Sodium hydroxide, Potassium phthalate, Phenolphthalein

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 กระบวนการทำแหนมปลาจีน

3.4.1.1 วัตถุดิบ

เนื้อปลาจีน	1,000 กรัม
กระเทียม	200 กรัม
ข้าวเหนียวนึ่งสุก	140 กรัม
หนังหมูต้มสุก หั่นเป็นชิ้นยาวประมาณ 2 เซนติเมตร	350 กรัม
เกลือ	37 กรัม
พริกขี้หนู	100 กรัม

3.4.1.2 ขั้นตอนการทำ

ล้างทำความสะอาดปลาด้วยน้ำสะอาด นำไปแช่เย็นไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำกระเทียมไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดอาหารเป็นเวลา 30 วินาที และนำข้าวเหนียวไปล้างน้ำ บดผสมกับกระเทียมเป็นเวลา 30 วินาที และใส่เนื้อปลา ตามด้วยเกลือโดยใส่ทีละน้อย บดผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นใส่หนังหมูต้มสุกบดต่ออีก 1 นาที ตักออกใส่กะละมัง แล้วนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกขนาด 3x4 นิ้ว ตุ้มละประมาณ 25 กรัม ตามด้วยพริกขี้หนูตุ้มละ 1 เม็ด ไล่อากาศออกให้หมด รัดด้วยหนังยาง หมักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแหนมปลาจีน

นำแหนมปลาจีนไปฉายรังสีแกมมาที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่ปริมาณต่าง ๆ กัน คือ 1 2 3 และ 4 กิโลเกรย์ จากนั้นนำตัวอย่างแหนมปลาที่ฉายรังสีที่ปริมาณต่าง ๆ รวมทั้งที่ไม่ได้ฉายรังสีมาวิเคราะห์สมบัติทางด้านเคมี จุลินทรีย์ และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เพื่อพิจารณาเลือกปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแหนมปลาจีน สำหรับนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยสมบัติต่าง ๆ ที่วิเคราะห์มีดังนี้

3.4.2.1 ค่า TBA (Kirk and Sawyer, 1991)

3.4.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable Acid) (AOAC, 2000)

3.4.2.3 ค่า pH (AOAC, 2000)

3.4.2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 2000)

3.4.2.5 ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000)

3.4.2.6 ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* (AOAC, 2000)

3.4.2.7 ปริมาณ *Salmonella* (AOAC, 2000)

3.4.2.8 พยาธิ ส่งตรวจที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ด้วยวิธี Digestive method (อาคม สังข์วรานนท์, 2521)

3.4.2.9 ทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนน 5 ระดับ ในด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นบุคลากรและนักศึกษาในคณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 20 คน

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อที่ 3.4.2.1-3.4.2.3 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในข้อที่ 3.4.2.9 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) การวิเคราะห์ทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test รวมถึงพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ในข้อที่ 3.4.2.4-3.4.2.8 เพื่อเลือกปริมาณรังสีที่เหมาะสมมาใช้ในการเก็บรักษาต่อไป

3.4.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคของแหนมปลาจีนที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี

ทำการผลิตแหนมตามข้อ 3.4.1 จากนั้นแบ่งแหนมออกเป็น 2 ส่วน โดยแหนมส่วนแรกไม่ฉายรังสี อีกส่วนนำไปฉายรังสี ซึ่งเป็นรังสีที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.2 แล้วนำแหนมแต่ละส่วนแบ่งเก็บรักษาตามสภาวะ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

2) ในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์สมบัติทางด้านเคมี จุลินทรีย์ และทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามข้อ 3.4.2.1-3.4.2.9 ในวันแรกหลังจากการฉายรังสี และทุก 2 วันสำหรับแหนมที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง ส่วนแหนมที่เก็บรักษาในตู้เย็นจะประเมินทุก 3 วัน จนแหนมไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ คือต้องได้คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ทดสอบคนใดคนหนึ่งโดยประยุกต์ใช้จากเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของแหนมปลา (มผช. 471/2547) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองด้านเคมี (3.4.2.1-3.4.2.3) ด้วยแผนการทดลองแบบ split-plot Design โดย main plot เป็นระยะเวลาการเก็บและ sub plot เป็นสภาวะการฉายรังสี ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ผลแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้แกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแหนมปลาจีน

จากการศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการเก็บรักษา โดยนำแหนมปลาจีนที่เก็บไว้หลังจากผลิตเป็นเวลา 2 วันไปฉายรังสีแกมมาในระดับต่าง ๆ กัน คือ 1 2 3 และ 4 กิโลเกรย์ จากนั้นนำตัวอย่างแหนมปลาที่ฉายรังสีทุกระดับรวมทั้งตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ฉายรังสีมาวิเคราะห์สมบัติทางด้านเคมี จุลินทรีย์ และทดสอบทางประสาทสัมผัสหลังจากฉายรังสีประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อพิจารณาเลือกปริมาณรังสีที่เหมาะสม ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ปริมาณต่างกัน

ปริมาณรังสี (กิโลเกรย์)	ค่า TBA^{ns} (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/กิโลกรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมด^{ns} (ร้อยละ)	ค่า pH^{ns}
0	2.42±0.14	1.50±0.09	4.24±0.01
1	2.47±0.19	1.47±0.08	4.27±0.01
2	2.56±0.24	1.45±0.07	4.29±0.06
3	2.54±0.12	1.44±0.08	4.29±0.07
4	2.65±0.25	1.44±0.08	4.31±0.06

หมายเหตุ ns หมายถึงข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางจะเห็นว่า การใช้ปริมาณรังสีต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่า TBA ปริมาณกรดในตัวอย่างและค่า pH ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ด้านค่า TBA จากผลการทดลองพบว่าปริมาณรังสีที่ต่างกันไม่ทำให้ค่า TBA ของตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่ฉายรังสีจะมีค่า TBA มากกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี Riebroy และคณะ (2007) พบว่าส้มฟักที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีค่า TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) เท่ากับ 30.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกรัมของตัวอย่าง เมื่อนำส้มฟักไปฉายรังสีที่ระดับ 2 และ 6 กิโลเกรย์ ค่า TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 34 และ 35 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกรัมตามลำดับ โดยส้มฟักที่ใช้ปริมาณรังสีสูงกว่าจะมีค่า TBARS มากกว่า

นอกจากนั้น จะเห็นว่า การฉายรังสีในปริมาณต่างกันไม่ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดและค่า pH ของแหนมปลาจีนแตกต่างกันเช่นเดียวกันกับค่า TBA ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากกรดในตัวอย่างจะเกิดขึ้นจากการสร้างของจุลินทรีย์ระหว่างการหมัก ในการทดลองจะนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หลังจากฉายรังสีประมาณ 3 ชั่วโมง จึงยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณกรดและค่า pH ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ และคณะ (2550) พบว่าการฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ คือ 0 2 4 6 และ 8 กิโลเกรย์ ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ปริมาณเกลือ และปริมาณโปรตีนของกุ้งจ่อม

4.1.2 สมบัติทางจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ปริมาณต่างกัน

ปริมาณรังสี (กิโลเกรย์)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	ยีสต์และรา (log CFU/g)	coliform (MPN/g)	feacal coliform (MPN/g)	*E. coli* (MPN/g)	*Salmonella*	พยาธิ
0	6.89	3.35	> 1100	285	150	ไม่พบ	ไม่พบ
1	5.56	3.15	460	142	101	ไม่พบ	ไม่พบ
2	4.42	2.70	90	12	9.2	ไม่พบ	ไม่พบ
3	3.08	2.05	< 3	< 3	< 3	ไม่พบ	ไม่พบ
4	1.30	0	< 3	< 3	< 3	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของแหนมปลามีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น การฉายรังสีที่ปริมาณ 4 กิโลเกรย์ จะมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของแหนมปลาจีนอยู่ในระดับที่ต่ำมาก การที่จุลินทรีย์มีปริมาณลดลงนั้น เนื่องจากรังสีสามารถทำให้เซลล์เกิดการแตกตัวเป็นไอออนและอนุมูลอิสระซึ่งจะไปทำปฏิกิริยา กับโมเลกุลชีวภาพต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น โปรตีน ไขมัน และกรดดีออกซิไรโบนิวคลิอิก หรือ DNA ซึ่งเป็นโมเลกุลพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่โมเลกุลเหล่านั้น และมีผลต่อการแบ่งเซลล์และทำให้เซลล์ตายได้ จึงพบว่าจุลินทรีย์มีปริมาณลดลง (โกวิทย์ นุชประมูล, 2553)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* ในแหนมปลาจีนที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับต่าง ๆ พบว่า เมื่อปริมาณของรังสีที่ใช้ในการฉายเพิ่มขึ้น ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* จะลดลงเช่นเดียวกัน แหนมปลาจีนที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับ 3 และ 4 กิโลเกรย์ มีปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* น้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็นต่อกรัมตัวอย่าง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มีความต้านทานต่อรังสีต่ำ (IAEA, 1982) Lebepe *et al.* (1990) พบว่าแบคทีเรียแกรมลบจะมีความไวต่อรังสีมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่ม coliform feacal coliform และ *E. coli* เป็นแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มแกรมลบ

สำหรับการตรวจปริมาณ *Salmonella* และพยาธิทั้งในแหนมที่ไม่ฉายและฉายรังสีทุกระดับ ได้ผลคือ ไม่พบทั้ง *Salmonella* และพยาธิในทุกตัวอย่าง แสดงว่าในตัวอย่างแหนมปลาก่อนฉายรังสีไม่มี *Salmonella* และพยาธิปนเปื้อน

4.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับต่างกันรวมทั้งตัวอย่างที่ไม่ผ่านการฉายรังสีแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ปริมาณต่างกัน

ปริมาณรังสี	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
(กิโลเกรย์)	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี^{ns}	กลิ่นรส^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
0	4.42±0.55	4.45±0.60	4.43±0.59	4.23±0.58	4.35±0.48
1	4.55±0.50	4.52±0.51	4.30±0.56	4.27±0.55	4.32±0.57
2	4.43±0.55	4.60±0.50	4.32±0.57	4.30±0.56	4.37±0.54
3	4.58±0.50	4.50±0.51	4.33±0.57	4.25±0.59	4.18±0.55
4	4.53±0.51	4.60±0.50	4.27±0.55	4.30±0.61	4.22±0.62

หมายเหตุ ns หมายถึงข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

จากตารางพบว่าปริมาณรังสีที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะทำหลังจากฉายรังสีประมาณ 3 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทำให้เกิดความแตกต่างน้อยเกินกว่าที่ผู้ทดสอบจะรับรู้และแยกความแตกต่างได้ โกวิทย์ นุชประมูล และคณะ (2551) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของปลาส้มฟักด้วยการฉายรังสีแกมมา โดยนำปลาส้มฟักมาฉายรังสีที่ระดับต่างกันคือ 2 และ 3 กิโลเกรย์ แล้วทดสอบคุณภาพทางประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสภายใน 3 ชั่วโมงหลังจากการฉายรังสีเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ฉายรังสี พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของปลาส้มฟักที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสีที่ระดับต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาสมบัติด้านจุลินทรีย์ จะเห็นว่าการฉายรังสี 4 กิโลเกรย์สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา coliform feacal coliform และ *E. coli* ได้ดี และสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดให้เหลือน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม นอกจากนั้นสมบัติด้านเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมที่ฉายรังสีทุกระดับและไม่ฉายรังสีนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือกปริมาณรังสีที่ 4 กิโลเกรย์ มาทดลองใช้เพื่อเก็บรักษาแหนมปลาจีนต่อไป

4.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคของแหนมปลาจีนที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี

ผลของการฉายรังสีในปริมาณ 4 กิโลเกรย์ต่อสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่างกันคืออุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) และในตู้เย็น (อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบกับตัวอย่างซึ่งไม่ฉายรังสี ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 การเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

4.2.1.1 สมบัติทางเคมี

ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) แสดงได้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสี รวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

SOV	p-value		
	ค่า TBA	ปริมาณกรดทั้งหมด	ค่า pH
ระยะเวลาเก็บ	0.000*	0.000*	0.000*
สภาวะการฉายรังสี	0.000*	0.000*	0.000*
ระยะเวลาเก็บ x สภาวะการฉายรังสี	0.022*	0.000*	0.000*

หมายเหตุ * หมายถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 พบว่าปัจจัยหลักทั้งสองคือระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีรวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสีที่ระดับต่างกัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) แสดงได้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

ระยะเวลาเก็บ (วัน)	ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/กิโลกรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ค่า pH
0	2.98±0.35[a]	1.44±0.04[a]	4.35±0.03[d]
2	3.94±0.44[b]	1.58±0.10[b]	4.21±0.07[c]
4	4.85±0.44[c]	1.70±0.16[c]	4.13±0.09[b]
6	5.32±0.21[d]	1.81±0.21[d]	4.08±0.09[a]
8	6.15±0.23[e]	1.78±0.03[d]	4.09±0.01[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ด้านค่า TBA พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้นค่า TBA มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งนี้เนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในวัตถุดิบเพิ่มขึ้น (ชลลดา ปัญญาพิชญ์ และคณะ, 2548)

ด้านปริมาณกรดทั้งหมด พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกัน เนื่องจากในระหว่างเก็บ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะเปลี่ยนน้ำตาลหรือสารประกอบคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดแลคติก ทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและส่งผลให้แหนมมีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น (Riebroy *et al.*, 2007) ปริมาณกรดที่เปลี่ยนแปลงนี้จะสอดคล้องกับค่า pH ด้วย คือเมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ค่า pH จะลดลง จากการทดลองจึงเห็นว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้นค่า pH จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลของสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) แสดงได้ดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลของสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

สภาวะการฉายรังสี	ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/กิโลกรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ค่า pH
ไม่ฉายรังสี	3.96±0.82[a]	1.75±0.21[b]	4.13±0.13[a]
ฉายรังสี	4.90±1.15[b]	1.57±0.13[a]	4.22±0.10[b]

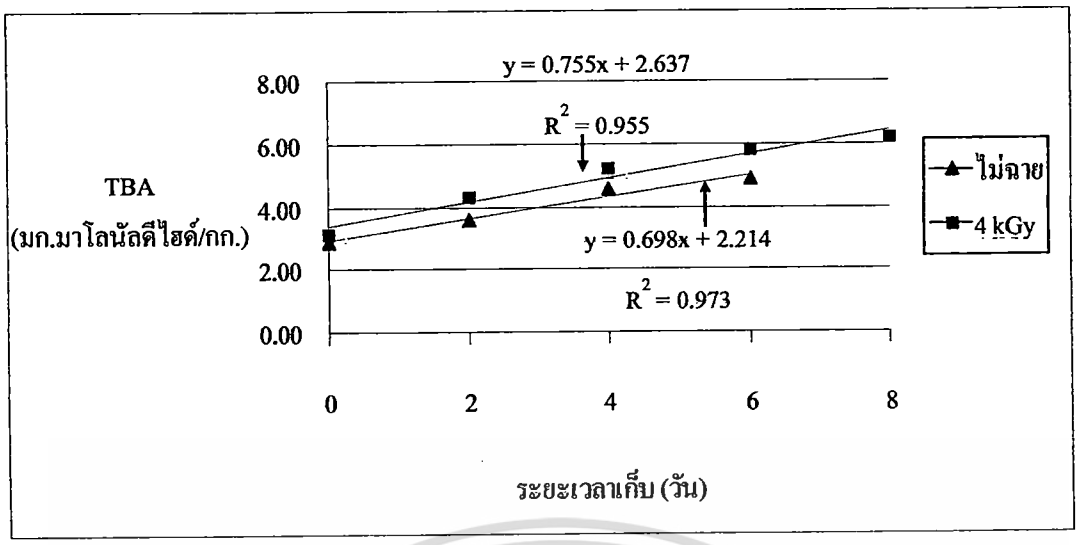
หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าการฉายรังสีมีผลทำให้ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่า TBA ของแหนมฉายรังสีจะสูงกว่าแหนมปลาที่ไม่ฉายรังสี เนื่องจากรังสีจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน จึงทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้เพิ่มขึ้น (Ahn and Nam, 2004)

สำหรับผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดและค่า pH ของแหนมปลาจีนในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่า การฉายรังสีมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากการฉายรังสีมีผลต่อจำนวนแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกโดยจะทำให้แบคทีเรียเหล่านี้ลดจำนวนลงและอยู่ในสภาวะที่อ่อนแอ จึงสร้างกรดแลคติกได้น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ฉายรังสี อรวรรณ เลาหสินนุรักษ์ (2544) พบว่า ส้มฟักที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นในอัตราเร็วสูงกว่าส้มฟักที่ฉายรังสี โดยส้มฟักที่ไม่ฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 1.5 ในวันที่ 3 ส่วนส้มฟักที่ฉายรังสี 2 และ 4 กิโลเกรย์ มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกนี้จะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ด้วย โดยจะเห็นว่าแหนมที่ฉายรังสีจะมีค่า pH สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

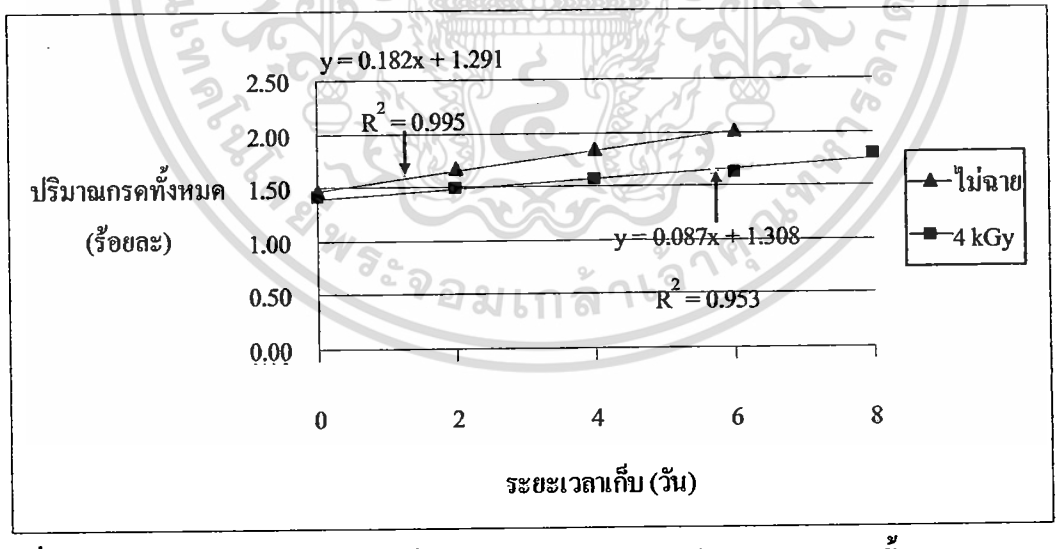
ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมดและค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง แสดงได้ดังภาพที่ 4.1-4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

จากภาพที่ 4.1 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีมีผลทำให้ค่า TBA ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า TBA ของแหนมปลาจะเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี

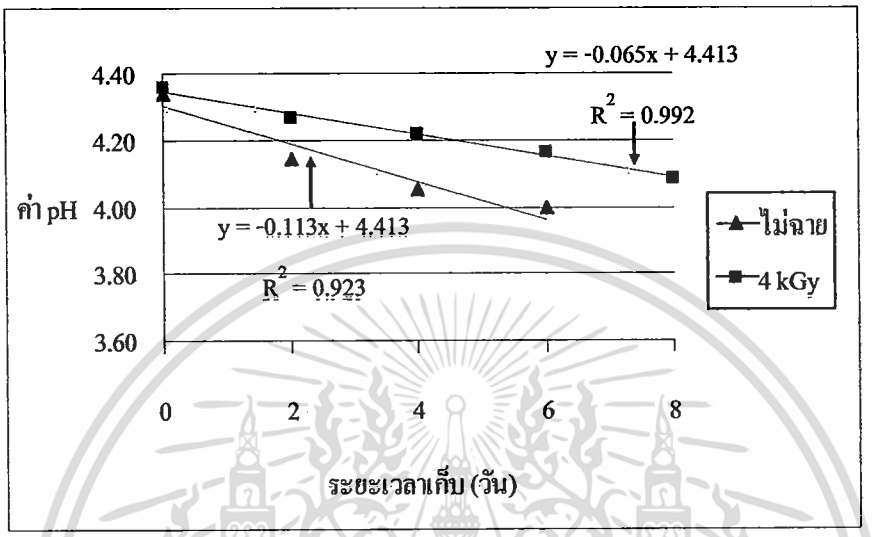


ภาพที่ 4.2 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

จากภาพที่ 4.2 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมปลาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจึงทำให้มีปริมาณกรดเพิ่มมากขึ้น (มานิต กิ่งทอง, 2547) โดยตัวอย่างที่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี เพราะการฉายรังสีจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก



ภาพที่ 4.3 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

จากภาพที่ 4.3 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีมีผลทำให้ค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า pH จะลดลง เนื่องจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า pH ลดลง โดยตัวอย่างฉายรังสีจะมีอัตราการลดลงช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี

4.2.1.2 สมบัติทางจุลินทรีย์

ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติทางจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) แสดงได้ในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

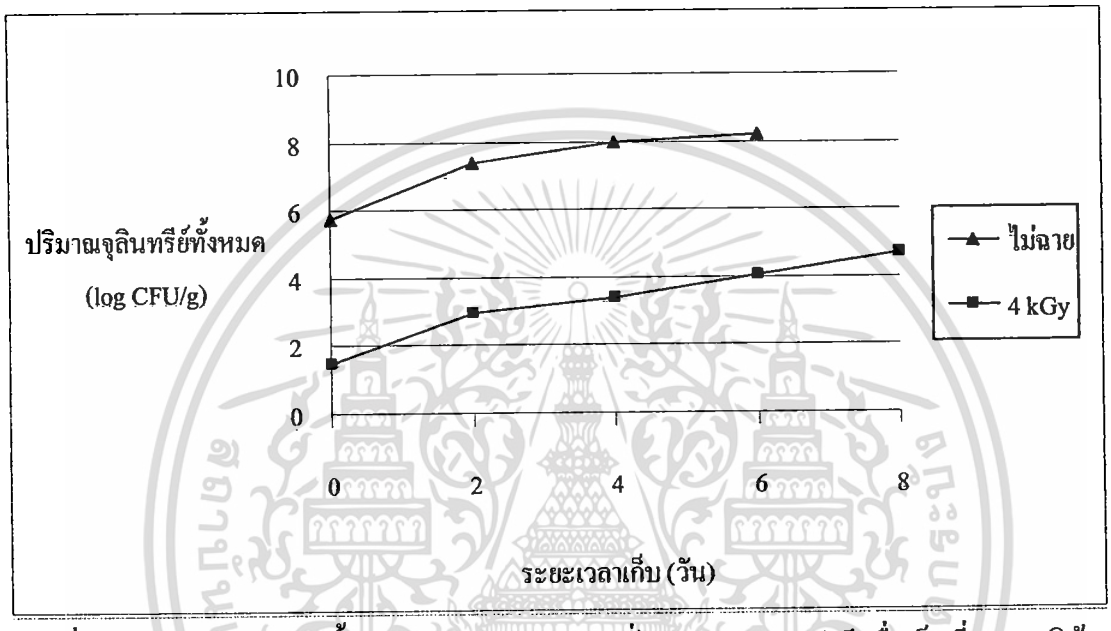
ตารางที่ 4.7 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

สมบัติทางจุลินทรีย์	ระยะเวลาเก็บ (วัน)	สภาวะการฉายรังสี	
		ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	0	5.73	1.48
	2	7.40	2.93
	4	7.99	3.39
	6	8.22	4.02
	8	-	4.69
ปริมาณยีสต์และรา (log CFU/g)	0	2.81	0.00
	2	3.08	0.00
	4	3.98	0.00
	6	4.43	1.48
	8	-	2.00
ปริมาณ coliform (MPN/g)	0	> 1100	< 3
	2	1100	< 3
	4	350	< 3
	6	61	< 3
	8	-	< 3
ปริมาณ feacal coliform (MPN/g)	0	225	< 3
	2	93	< 3
	4	32	< 3
	6	3	< 3
	8	-	< 3
ปริมาณ *E. coli* (MPN/g)	0	93	< 3
	2	57	< 3
	4	20.5	< 3
	6	3	< 3
	8	-	< 3
Salmonella	0	ไม่พบ	ไม่พบ
พยาธิ	0	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้วิเคราะห์ตัวอย่าง เนื่องจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

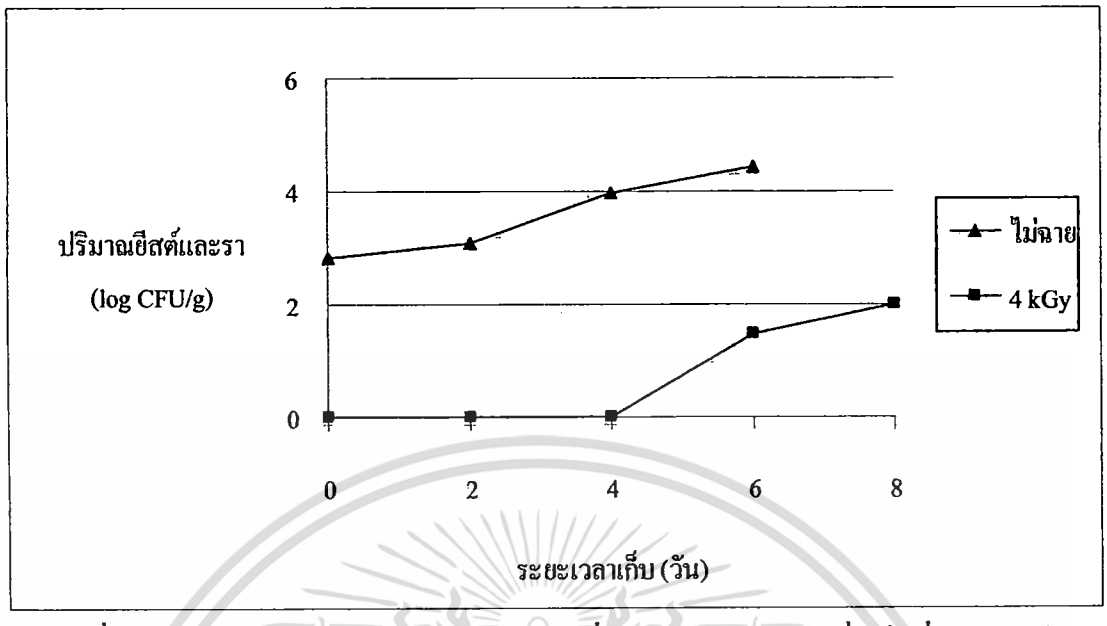
จากตาราง 4.7 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของแหนมปลาจีนที่ฉายและไม่ฉายรังสีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า แหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณจุลินทรีย์เมื่อเริ่มต้น (วันที่ 0) สูงกว่าในแหนมปลาจีนที่ฉายรังสี แสดงว่าการฉายรังสีมีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์โดยตรง เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างทั้งสองจะเพิ่มขึ้น แต่ตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าตัวอย่างที่ฉายรังสี ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสี เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

จากตาราง 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และรา พบว่า แหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณยีสต์และรามากกว่าแหนมปลาจีนที่ฉายรังสี และเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณยีสต์และราจะเพิ่มมากขึ้นในตัวอย่างแหนมปลาทั้งฉายและไม่ฉายรังสี แต่ตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าตัวอย่างที่ฉายรังสี เช่นเดียวกันกับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ดังภาพที่ 4.5

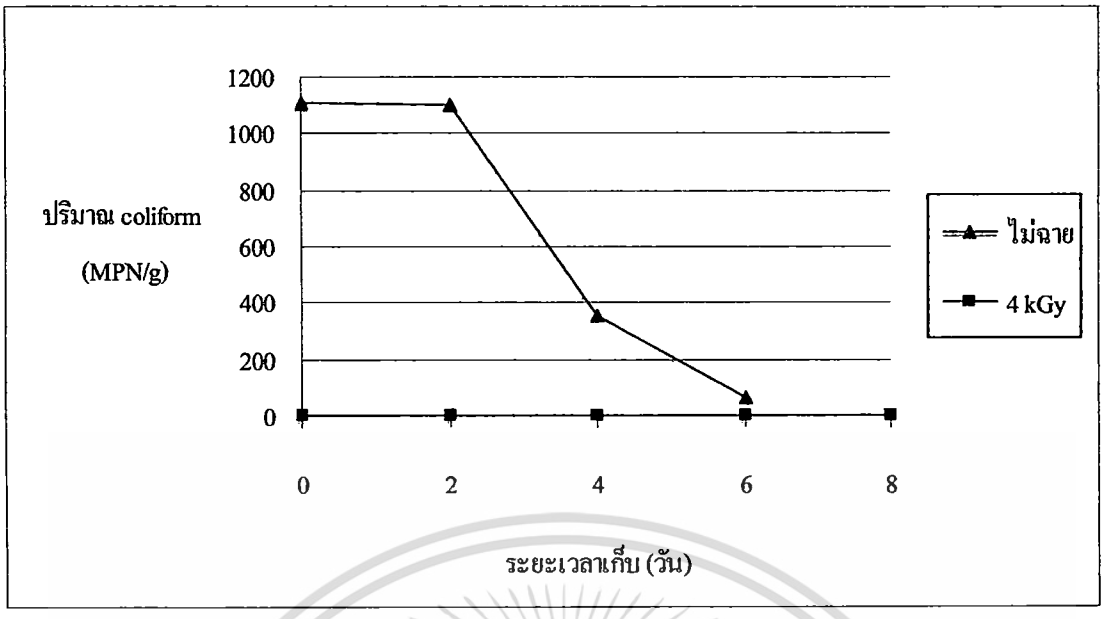
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



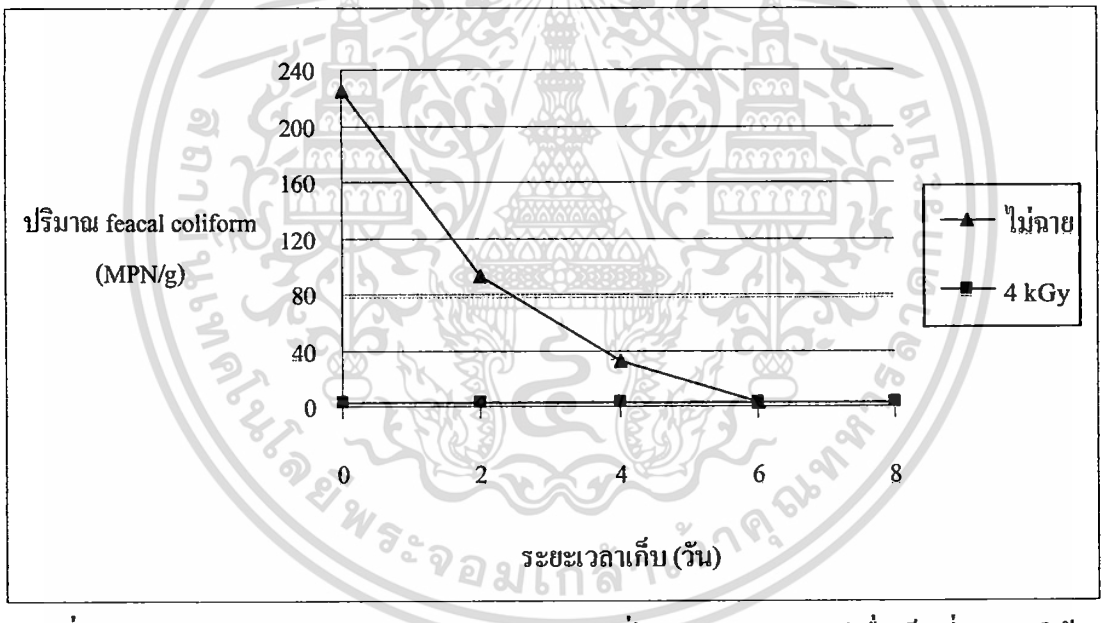
ภาพที่ 4.5 ปริมาณยีสต์และราของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสี เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

จากตาราง 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* พบว่า แหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* มากกว่าแหนมปลาจีนที่ฉายรังสี เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีความต้านทานต่อรังสีต่ำ (IAEA, 1982) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บมากขึ้น ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีจะมีแนวโน้มลดลง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มนี้ (Samelis *et al.*, 2005) แต่ในแหนมที่ฉายรังสีปริมาณจะคงที่ตลอดเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงได้ในภาพที่ 4.6-4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

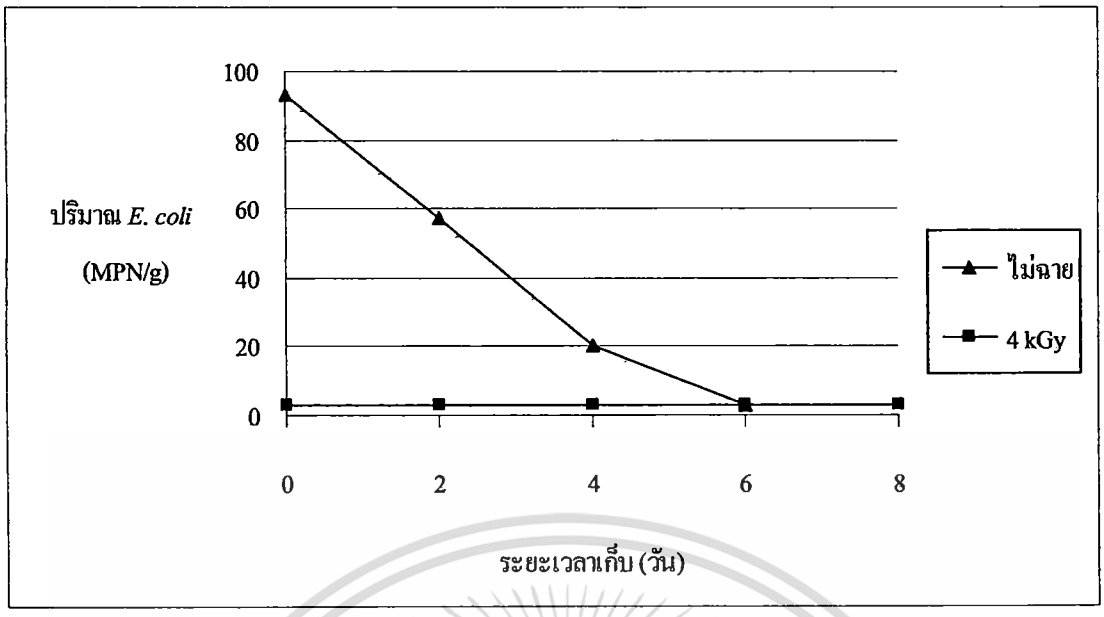


ภาพที่ 4.6 ปริมาณ coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 4.7 ปริมาณ feacal coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ปริมาณ *E. coli* ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

สำหรับการตรวจปริมาณ *Salmonella* และพยาธิทั้งในแหนมที่ไม่ฉายและฉายรังสี เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ผลคือ ไม่พบทั้ง *Salmonella* และพยาธิในทุกตัวอย่าง แสดงว่าในตัวอย่างแหนมปลาก่อนฉายรังสีไม่มี *Salmonella* และพยาธิปนเปื้อน

4.2.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสี เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) ได้ผลดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาเก็บ (วัน)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี
ลักษณะปรากฏ	0[ns]	4.42±0.55	4.45±0.50
	2[ns]	4.15±0.53	4.28±0.45
	4	3.28±0.60[a]	3.60±0.50[b]
	6	2.55±0.50[a]	3.47±0.68[b]
	8	-	3.07±0.62
สี	0[ns]	4.45±0.60	4.40±0.63
	2[ns]	4.30±0.46	4.15±0.48
	4[ns]	3.50±0.60	3.63±0.59
	6	2.53±0.51[a]	3.35±0.48[b]
	8	-	2.95±0.45
กลิ่นรส	0[ns]	4.45±0.59	4.25±0.49
	2[ns]	4.05±0.60	3.92±0.62
	4	3.35±0.58[a]	3.60±0.59[b]
	6	2.65±0.48[a]	3.05±0.45[b]
	8	-	2.40±0.50
เนื้อสัมผัส	0[ns]	4.20±0.52	4.43±0.59
	2	3.95±0.60[a]	4.23±0.58[b]
	4	3.12±0.65[a]	3.43±0.55[b]
	6	2.35±0.48[a]	3.08±0.53[b]
	8	-	2.50±0.56
ความชอบโดยรวม	0[ns]	4.35±0.48	4.30±0.76
	2[ns]	4.03±0.42	4.25±0.71
	4	3.28±0.55[a]	3.78±0.70[b]
	6	2.53±0.51[a]	3.65±0.58[b]
	8	-	3.22±0.48

หมายเหตุ - หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์ตัวอย่าง เนื่องจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับตัวอย่าง
ns หมายถึงข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)
ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านลักษณะปรากฏ จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างเริ่มมีลักษณะที่ไม่ดีเพิ่มขึ้น โดยจะไม่คงรูป หลังจากเก็บเป็นเวลา 2 วัน แหนมปลาจีนทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสียังได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากเก็บไว้ 4 วัน ตัวอย่างจะได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับลักษณะปรากฏของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 6 วัน แต่ยังยอมรับลักษณะปรากฏของแหนมที่ฉายรังสี

ด้านสี จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างเริ่มมีสีผิดปกติจากเนื้อปลาทั่วไป คือสีค่อนข้างเหลืองมาก หลังจากเก็บเป็นเวลา 4 วัน แหนมปลาจีนทั้งที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสียังได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากเก็บไว้ 6 วัน ตัวอย่างจะได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะด้านสีของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 6 วัน ส่วนแหนมปลาจีนที่ฉายรังสีจะไม่ยอมรับหลังจากเก็บไว้ 8 วัน

ด้านกลิ่นรส จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นคะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดจะลดลงตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างมีกลิ่นรสเปรี้ยวมากกว่าปกติ นอกจากนั้นตัวอย่างที่ฉายรังสีอาจมีกลิ่นหืนที่เกิดจากการฉายรังสีเกิดขึ้น (Riebroy *et al.*, 2007) หลังจากเก็บเป็นเวลา 2 วัน แหนมปลาจีนทั้งที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสียังได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากเก็บไว้ 4 วัน ตัวอย่างจะได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะด้านกลิ่นรสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 6 วัน ส่วนแหนมปลาจีนที่ฉายรังสีจะไม่ยอมรับหลังจากเก็บไว้ 8 วัน

ด้านเนื้อสัมผัส จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดจะลดลงตามลำดับ เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสที่เริ่มยุ่ย ไม่เกาะตัวกัน ในวันแรกแหนมปลาจีนทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสียังได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากเก็บไว้ 2 วัน ตัวอย่างจะได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 6 วัน ส่วนแหนมปลาจีนที่ฉายรังสีจะไม่ยอมรับหลังจากเก็บไว้ 8 วัน

ด้านความชอบโดยรวม จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว เช่น สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสเริ่มผิดปกติ หลังจากเก็บเป็นเวลา 2 วัน แหนมปลาจีนทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสียังได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากเก็บไว้ 4 วัน ตัวอย่างจะได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะด้านความชอบโดยรวมของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 6 วัน แต่ยังยอมรับลักษณะด้านความชอบโดยรวมของแหนมที่ฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

4.2.2.1 สมบัติทางเคมี

ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) แสดงได้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่า p-value จากการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีรวมทั้งอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

SOV	p-value		
	ค่า TBA	ปริมาณกรดทั้งหมด	ค่า pH
ระยะเวลาเก็บ	0.000*	0.000*	0.000*
สภาวะการฉายรังสี	0.000*	0.000*	0.000*
ระยะเวลาเก็บ x สภาวะการฉายรังสี	0.001*	0.000*	0.000*

หมายเหตุ * หมายถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าปัจจัยทั้งสองคือระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสี รวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลทำให้ทุกค่าที่วิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี เมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) แสดงได้ในตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีน เมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

ระยะเวลาเก็บ (วัน)	ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/กิโลกรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ค่า pH
0	2.99±0.16^{a}	1.44±0.04^{a}	4.38±0.03^{i}
3	3.47±0.28^{b}	1.46±0.04^{ab}	4.36±0.03^{h}
6	3.70±0.26^{b}	1.48±0.03^{bc}	4.35±0.04^{h}
9	4.04±0.14^{c}	1.49±0.02^{cd}	4.33±0.03^{g}
12	4.28±0.18^{c}	1.51±0.03^{de}	4.33±0.03^{g}
15	4.56±0.42^{d}	1.52±0.03^{ef}	4.32±0.07^{g}
18	4.89±0.56^{e}	1.53±0.10^{efgh}	4.30±0.03^{f}
21	5.14±0.66^{ef}	1.54±0.03^{fghi}	4.28±0.04^{e}
24	5.38±0.73^{f}	1.55±0.03^{fghi}	4.28±0.03^{e}
27	6.11±0.63^{g}	1.53±0.10^{efgh}	4.30±0.01^{f}
30	6.36±0.50^{gh}	1.54±0.03^{fghi}	4.30±0.01^{f}
33	6.40±0.16^{h}	1.55±0.03^{fghi}	4.28±0.01^{e}
36	6.64±0.06^{hi}	1.55±0.04^{ghij}	4.26±0.03^{d}
39	6.71±0.10^{i}	1.55±0.03^{fghi}	4.25±0.01^{c}
42	6.84±0.04^{i}	1.56±0.03^{hijk}	4.23±0.01^{b}
45	6.99±0.07^{j}	1.57±0.02^{ijk}	4.21±0.09^{a}
48	6.86±0.23^{i}	1.57±0.06^{jk}	4.21±0.01^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ด้านค่า TBA พบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้นค่า TBA มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ด้านปริมาณกรดทั้งหมดของ พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกัน เนื่องจากในการสร้างกรดของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกระหว่างการเก็บดังที่กล่าวมาแล้ว ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้ค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) แสดงได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลของสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

สภาวะการฉายรังสี	ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/กิโลกรัม)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ค่า pH
ไม่ฉายรังสี	4.03±0.65[a]	1.54±0.06[b]	4.29±0.05[a]
ฉายรังสี	5.50±1.30[b]	1.51±0.05[a]	4.31±0.06[b]

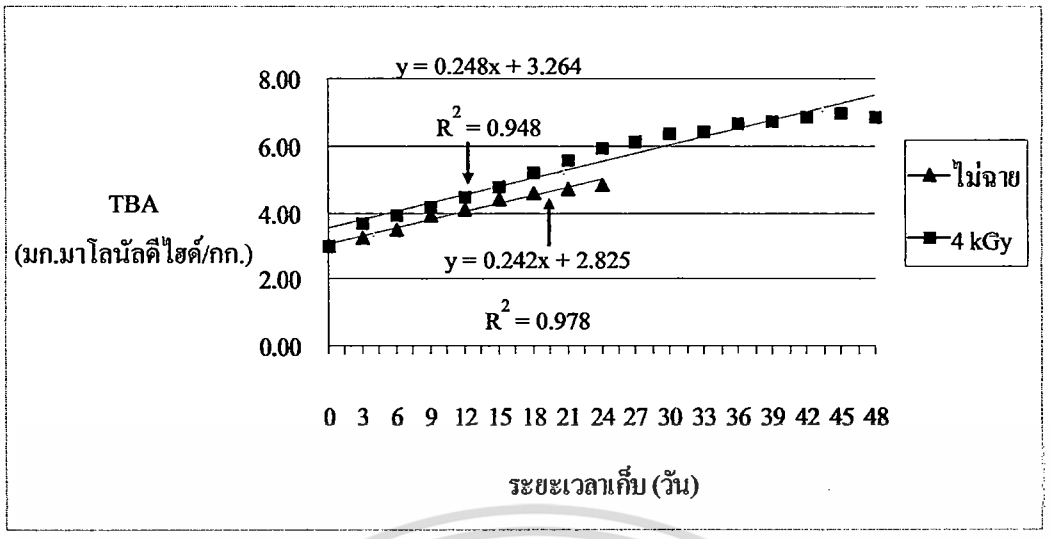
หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าการฉายรังสีมีผลทำให้ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาจีนระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่า TBA ของแหนมปลาฉายรังสีจะสูงกว่าแหนมปลาที่ไม่ฉายรังสี เนื่องจากรังสีจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในแหนม

สำหรับผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดและค่า pH ของแหนมปลาจีนในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ฉายรังสีมีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากรังสีสามารถลดจำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ทำให้ปริมาณกรดลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติกนี้จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH เพราะตัวอย่างที่ฉายรังสีจะมีค่า pH สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

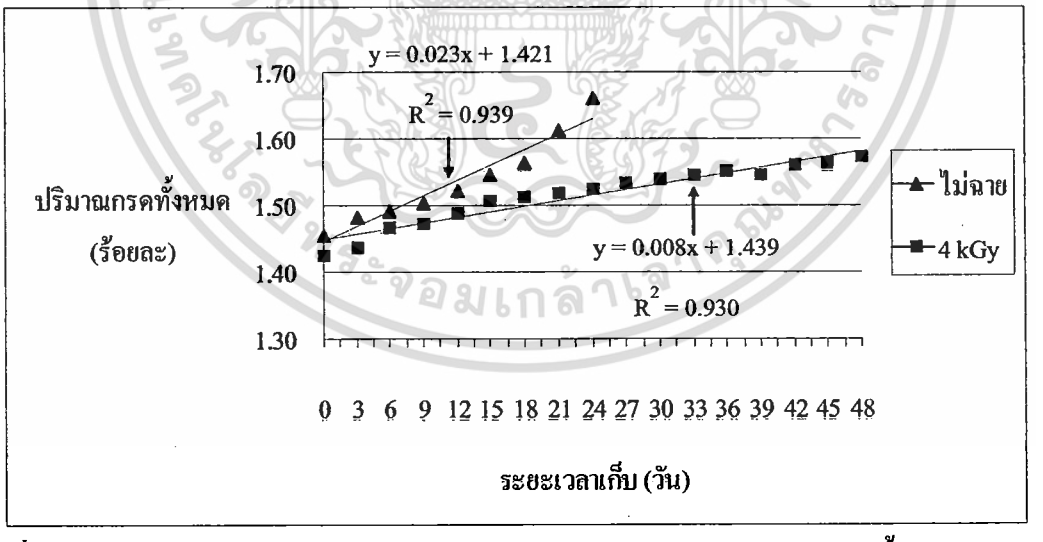
ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมดและค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่ในตู้เย็น แสดงได้ดังภาพที่ 4.9-4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า TBA ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

จากภาพที่ 4.9 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีมีผลทำให้ค่า TBA ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า TBA ของแหนมปลาจะเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี

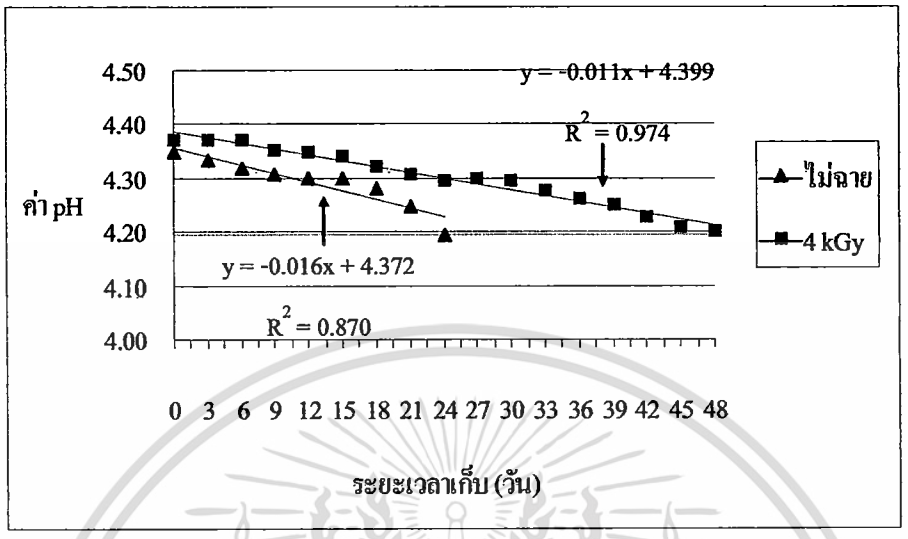


ภาพที่ 4.10 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

จากภาพที่ 4.10 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดของแหนมปลาจะเพิ่มขึ้นจากการสร้างของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ตัวอย่างที่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี



ภาพที่ 4.11 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีต่อค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

จากภาพที่ 4.11 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีมีผลทำให้ค่า pH ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า pH จะลดลง เนื่องจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างฉายรังสีจะมีอัตราการลดลงช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี

4.2.2.2 สมบัติทางจุลินทรีย์

ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติทางจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) แสดงได้ในตารางที่ 4.12

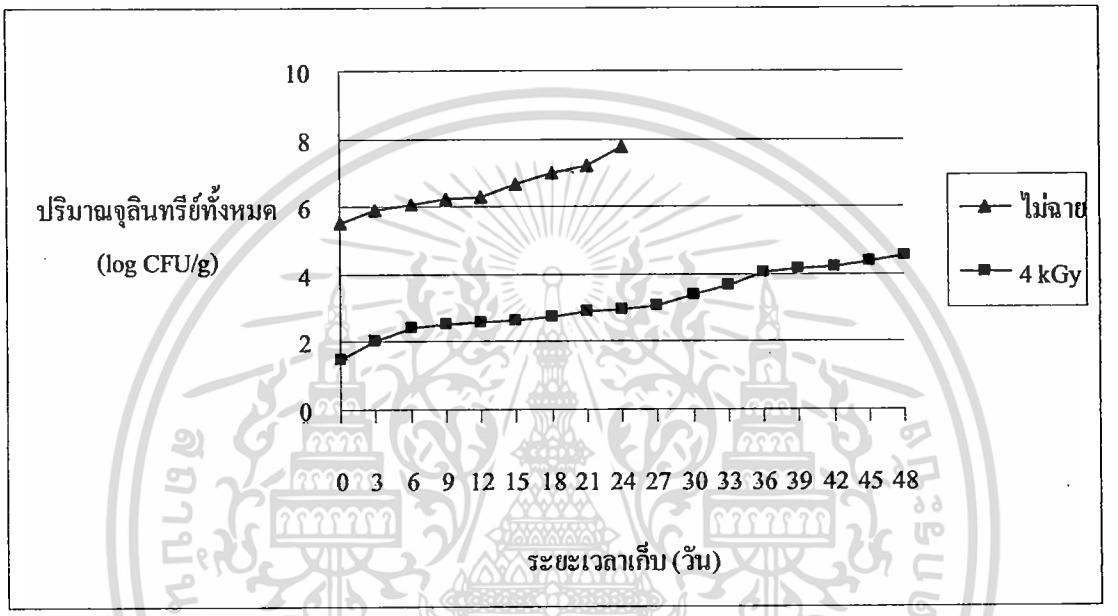
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform *E. coli* *Salmonella* และพยาธิของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

ระยะเวลาเก็บ (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)		ปริมาณยีสต์และรา (log CFU/g)		ปริมาณ coliform (MPN/g)		ปริมาณ feacal coliform (MPN/g)		ปริมาณ *E. coli* (MPN/g)		*Salmonella*		พยาธิ	
	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี
0	5.53	1.48	1.70	0	1100	< 3	460	< 3	240	< 3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
3	5.90	2.00	1.90	0	780	< 3	375	< 3	210	< 3	-	-	-	-
6	6.05	2.39	1.94	0	460	< 3	265	< 3	120	< 3	-	-	-	-
9	6.23	2.52	2.00	0	350	< 3	195	< 3	75	< 3	-	-	-	-
12	6.30	2.58	2.18	0.60	240	< 3	120	< 3	39	< 3	-	-	-	-
15	6.65	2.61	2.48	1.00	150	< 3	98	< 3	23	< 3	-	-	-	-
18	7.00	2.74	2.81	1.48	120	< 3	93	< 3	21	< 3	-	-	-	-
21	7.23	2.90	3.09	1.65	75	< 3	59	< 3	15	< 3	-	-	-	-
24	7.74	2.93	3.21	1.85	43	< 3	23	< 3	9	< 3	-	-	-	-
27	-	3.04	-	1.98	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-
30	-	3.41	-	2.04	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-
33	-	3.68	-	2.09	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-
36	-	4.02	-	2.13	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-
39	-	4.13	-	2.15	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-
42	-	4.22	-	2.21	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-
45	-	4.40	-	2.25	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-
48	-	4.56	-	2.26	-	< 3	-	< 3	-	< 3	-	-	-	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้วิเคราะห์ตัวอย่าง เนื่องจากตัวอย่างผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับตัวอย่าง

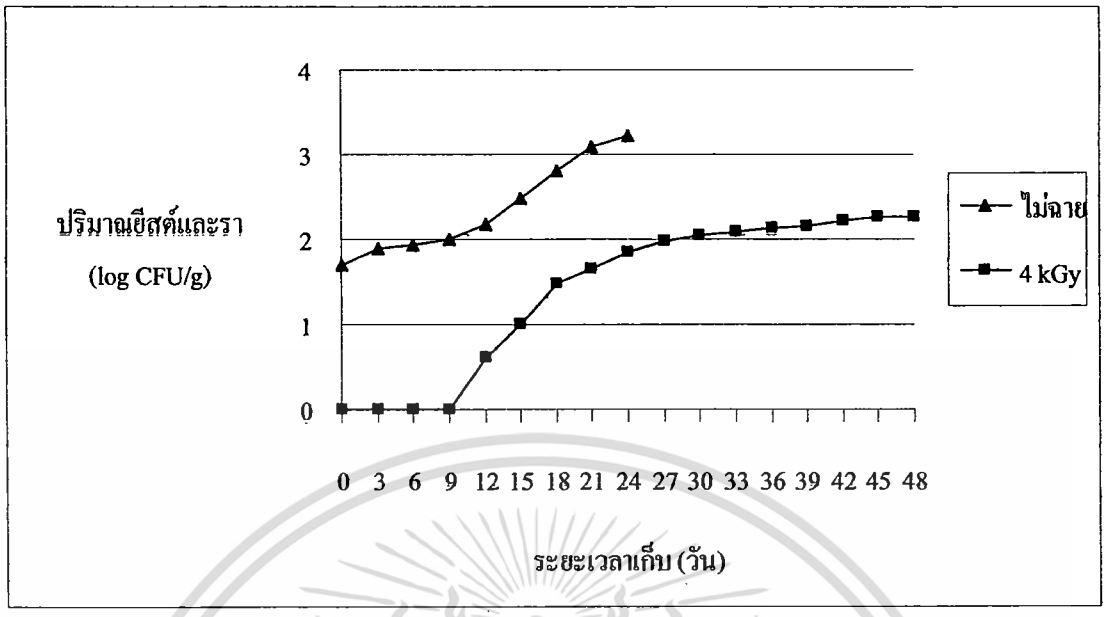
จากตาราง 4.12 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของแหนมปลาจีนที่ฉายและไม่ฉายรังสีระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น ด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า แหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณจุลินทรีย์เมื่อเริ่มต้น (วันที่ 0) สูงกว่าแหนมปลาจีนที่ฉายรังสี เนื่องจากการฉายรังสีสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างทั้งสองจะเพิ่มขึ้น แต่ตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าตัวอย่างที่ฉายรังสี ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น

จากตาราง 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และรา พบว่า แหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณยีสต์และรามากกว่าแหนมปลาจีนที่ฉายรังสี และเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณยีสต์และราจะเพิ่มมากขึ้นในตัวอย่างแหนมปลาทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสี แต่ตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีจะมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าตัวอย่างที่ฉายรังสี ดังภาพที่ 4.13

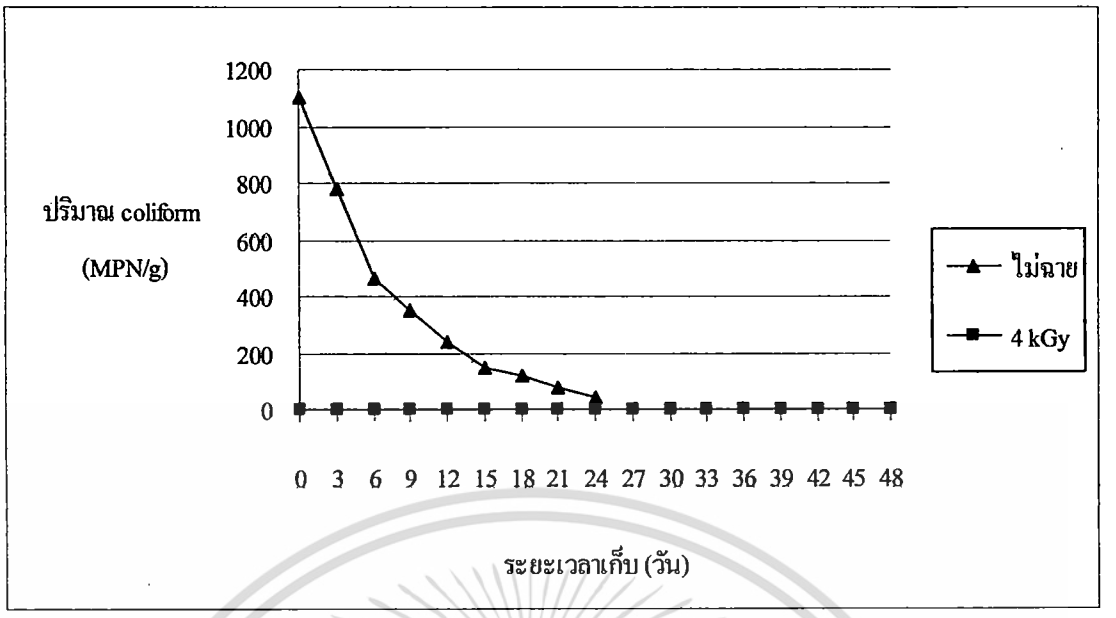
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



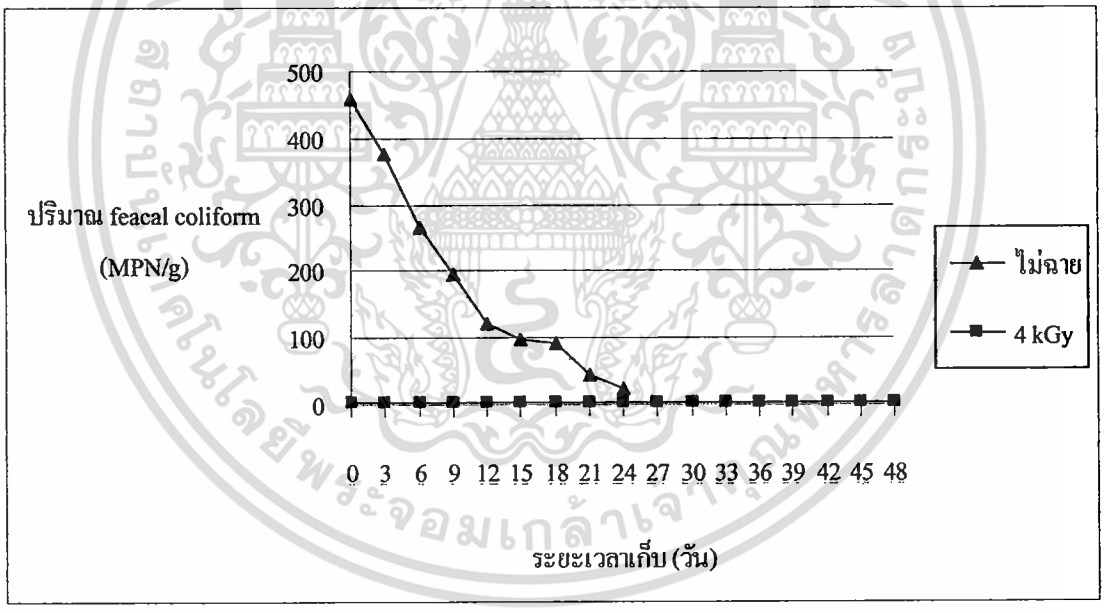
ภาพที่ 4.13 ปริมาณยีสต์และราของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น

จากตาราง 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* พบว่า สำหรับแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีจะมีปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* สูงกว่าแหนมปลาจีนที่ฉายรังสี เนื่องรังสีสามารถทำลายแบคทีเรียได้จึงทำให้แบคทีเรียมีปริมาณลดลง แต่เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดนี้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดนี้ไม่สามารถทนต่อสภาวะที่เป็นกรดจากสภาวะที่มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจากการหมัก จึงทำให้ปริมาณลดลง แต่ในแหนมที่ฉายรังสีจะมีปริมาณคงที่ตลอดเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากปริมาณรังสี 4 กิโลเกรย์จะช่วยลดปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* ให้เหลือน้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็นต่อกรัม ระหว่างเก็บปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ไม่เพิ่มขึ้น ดังแสดงได้ในภาพที่ 4.14-4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

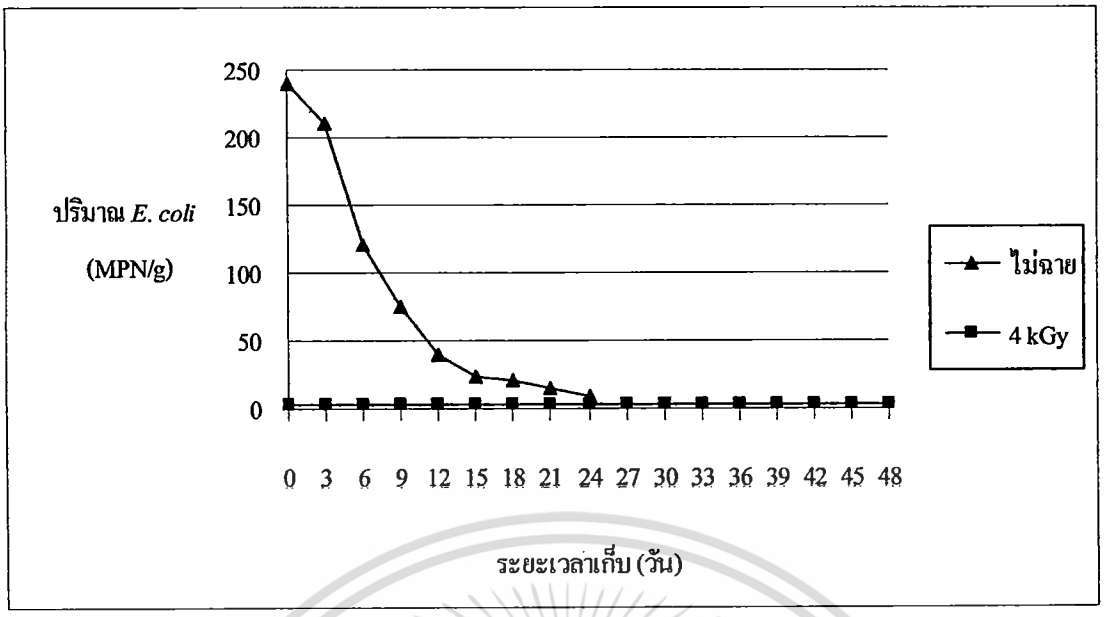


ภาพที่ 4.14 ปริมาณ coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น



ภาพที่ 4.15 ปริมาณ feacal coliform ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 ปริมาณ *E. coli* ของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น

สำหรับการตรวจปริมาณ *Salmonella* และพยาธิทั้งในแหนมที่ไม่ฉายและฉายรังสี เมื่อเก็บในตู้เย็นได้ผลคือ ไม่พบทั้ง *Salmonella* และพยาธิในทุกตัวอย่าง แสดงว่าในตัวอย่างแหนมปลาก่อนฉายรังสีไม่มี *Salmonella* และพยาธิปนเปื้อน

4.2.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสี เมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) ได้ผลดังตารางที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส)

ระยะเวลาเก็บ (วัน)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน									
	ลักษณะปรากฏ		สี		กลิ่นรส		เนื้อสัมผัส		ความชอบโดยรวม	
	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี	ไม่ฉายรังสี	ฉายรังสี
0[ns]	4.47±0.55	4.42±0.55	4.50±0.60	4.42±0.55	4.45±0.55	4.30±0.61	4.20±0.52	4.40±0.50	4.35±0.48	4.40±0.55
3[ns]	4.25±0.49	4.40±0.50	4.37±0.49	4.40±0.50	4.13±0.65	4.22±0.58	4.10±0.38	4.25±0.49	4.15±0.53	4.38±0.49
6	3.93±0.53[a]	4.32±0.66[b]	4.20±0.52[a]	4.42±0.50[b]	3.80±0.46[a]	4.25±0.54[b]	3.62±0.59[a]	4.30±0.61[b]	3.93±0.27[a]	4.32±0.47[b]
9	3.73±0.45[a]	4.25±0.49[b]	4.00±0.39[a]	4.35±0.48[b]	3.57±0.55[a]	4.18±0.64[b]	3.43±0.71[a]	4.23±0.58[b]	3.78±0.42[a]	4.33±0.62[b]
12	3.50±0.64[a]	4.23±0.62[b]	3.88±0.40[a]	4.38±0.54[b]	3.38±0.77[a]	4.20±0.52[b]	3.28±0.75[a]	4.18±0.59[b]	3.55±0.50[a]	4.30±0.52[b]
15	3.30±0.61[a]	4.18±0.59[b]	3.70±0.46[a]	4.28±0.45[b]	3.15±0.66[a]	4.08±0.57[b]	3.08±0.47[a]	4.13±0.65[b]	3.28±0.55[a]	4.20±0.61[b]
18	3.30±0.51[a]	4.13±0.56[b]	3.60±0.50[a]	4.20±0.46[b]	3.17±0.68[a]	4.10±0.71[b]	3.12±0.46[a]	4.05±0.75[b]	3.30±0.56[a]	4.15±0.53[b]
21	3.20±0.56[a]	4.10±0.55[b]	3.43±0.50[a]	4.15±0.43[b]	3.05±0.64[a]	4.05±0.75[b]	3.05±0.39[a]	4.03±0.62[b]	3.18±0.50[a]	4.18±0.55[b]
24	3.10±0.44[a]	4.03±0.42[b]	3.50±0.56[a]	4.17±0.39[b]	2.80±0.41[a]	3.98±0.58[b]	2.72±0.45[a]	3.98±0.58[b]	2.97±0.48[a]	4.13±0.52[b]
27	-	4.10±0.59	-	4.18±0.50	-	3.88±0.33	-	3.90±0.50	-	4.05±0.45
30	-	4.00±0.32	-	4.10±0.38	-	3.80±0.41	-	3.95±0.45	-	4.00±0.39
33	-	4.00±0.51	-	4.15±0.53	-	3.63±0.63	-	3.80±0.41	-	3.85±0.48
36	-	3.90±0.30	-	4.08±0.47	-	3.50±0.60	-	3.65±0.66	-	3.70±0.52
39	-	3.85±0.36	-	3.98±0.42	-	3.38±0.67	-	3.53±0.64	-	3.55±0.50
42	-	3.73±0.45	-	3.85±0.43	-	3.28±0.68	-	3.35±0.58	-	3.35±0.58
45	-	3.53±0.68	-	3.63±0.49	-	3.00±0.55	-	3.15±0.58	-	3.15±0.58
48	-	3.38±0.67	-	3.50±0.55	-	2.75±0.54	-	2.88±0.33	-	2.98±0.42

หมายเหตุ - หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์ตัวอย่าง เนื่องจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับตัวอย่าง

ns หมายถึงข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันของแต่ละลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ด้านลักษณะปรากฏ จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างเริ่มมีลักษณะที่ไม่ดีเพิ่มขึ้น โดยจะไม่คงรูป หลังจากเก็บเป็นเวลา 3 วัน แหนมปลาจีนทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสียังได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากเก็บไว้ 6 วัน ตัวอย่างจะได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้ทดสอบยังยอมรับลักษณะปรากฏของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 24 และ 48 วันตามลำดับ

ด้านสี จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นคะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างเริ่มมีสีผิดปกติจากสีของเนื้อปลาทั่วไปคือสีค่อนข้างเหลือง หลังจากเก็บเป็นเวลา 3 วัน ตัวอย่างทั้งสองชนิดยังได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากเก็บไว้ 6 วัน ตัวอย่างจะได้คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้ทดสอบยังยอมรับลักษณะด้านสีของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 24 และ 48 วันตามลำดับ

ด้านกลิ่นรส จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างเริ่มมีกลิ่นที่ผิดปกติ คือ กลิ่นเปรี้ยวที่มากเกินไป กลิ่นหืน โดยหลังจากเก็บไว้ 3 วันตัวอย่างทั้งสองชนิดได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะด้านกลิ่นรสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 24 วัน ส่วนแหนมปลาจีนที่ฉายรังสีจะไม่ยอมรับหลังจากเก็บไว้ 48 วัน

ด้านเนื้อสัมผัส จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสที่เริ่มยุ่ย ไม่เกาะตัวกัน โดยหลังจากเก็บไว้ 3 วัน ตัวอย่างทั้งสองชนิดได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และหลังจากเก็บไว้ 24 วันผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสี ส่วนแหนมที่ฉายรังสีจะไม่ยอมรับหลังจากเก็บไว้ 48 วัน

ด้านความชอบโดยรวม จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนที่ได้ของตัวอย่างทั้งสองชนิดลดลงตามลำดับ เนื่องจากลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ เริ่มผิดปกติ โดยหลังจากเก็บเป็นเวลา 3 วัน ตัวอย่างทั้งสองชนิดได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และหลังจากเก็บไว้ 24 วันผู้ทดสอบไม่ยอมรับลักษณะด้านความชอบโดยรวมของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายรังสี ส่วนแหนมที่ฉายรังสีจะไม่ยอมรับหลังจากเก็บไว้ 48 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา พบว่า แหนมปลาจีนที่ฉายรังสีปริมาณ 1 2 3 และ 4 กิโลเกรย์ มีค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ไม่ต่างจากแหนมที่ไม่ฉายรังสี แต่มีแนวโน้มค่า TBA และค่า pH เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสี ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณรังสี นอกจากนี้ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* ลดลงตามปริมาณรังสีเช่นกันโดยการฉายรังสีปริมาณ 4 กิโลเกรย์สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา coliform feacal coliform และ *E. coli* ได้ดี และสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดให้เหลือน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ระดับต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน จึงเลือกปริมาณรังสี 4 กิโลเกรย์ มาใช้ศึกษาการเก็บรักษาแหนมปลาจีนต่อไป

2. ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติในด้านต่าง ๆ ของแหนมปลาจีน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) พบว่า ปัจจัยหลักคือระยะเวลาเก็บและสภาวะการฉายรังสีรวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยนี้มีผลทำให้ค่า TBA ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH ของแหนมปลาที่ฉายและไม่ฉายรังสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในวัตถุดิบ และตัวอย่างที่ฉายรังสีมีค่า TBA สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี เนื่องจากรังสีจะไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า pH ลดลง เพราะระหว่างเก็บแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะผลิตกรดออกมา ส่วนตัวอย่างที่ฉายรังสีมีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีแต่ค่า pH สูงกว่า เพราะการฉายรังสีจะทำให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกมีปริมาณลดลง

3. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* ในตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีมีแนวโน้มลดลงแต่ในแหนมที่ฉายรังสีจะคงที่ตลอดเวลาเก็บ ส่วนตัวอย่างที่ฉายรังสีมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* ต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี เนื่องจากผลของรังสีที่ทำลายจุลินทรีย์

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32±3 องศาเซลเซียส) พบว่า ผู้ทดสอบเริ่มไม่ยอมรับลักษณะในทุกด้านคือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของแหนมที่ไม่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 6 วัน แต่จะไม่ยอมรับแหนมปลาจีนที่ฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 8 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลของการฉายรังสีต่อสมบัติในด้านต่าง ๆ ของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) พบว่า สมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันกับเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของแหนมปลาจีนเมื่อเก็บในตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) พบว่า ผู้ทดสอบเริ่มไม่ยอมรับลักษณะด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของแหนมปลาจีนที่ไม่ฉายและฉายรังสีหลังจากเก็บไว้ 24 และ 48 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. 2529. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 103 (พ.ศ. 2529) เรื่องกำหนดกรรมวิธีผลิตอาหารซึ่งมีการใช้วิธีการฉายรังสี.** กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

โกวิทย์ นุชประมูล. 2553. **การปรับปรุงความปลอดภัยของอาหารด้านจุลินทรีย์ด้วยรังสี.** [Online]. Available : http://www.tint.or.th/nkc/nkc5003/nkc5003m.html. (พฤษภาคม 1. 2553)

โกวิทย์ นุชประมูล, นิรชา วงษ์จินดา, สุภาพร สิริมานุยุตต์, รัชดา อิทธิพงษ์ และวลัย คลี่ฉายา. 2551. "การปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของปลาส้มฟักด้วยการฉายรังสีแกมมา." **วิทยาศาสตร์การเกษตร.** 39(3) : 457-460.

ฉันทนา จุติเทพารักษ์, ฉลอง ก่อนันทเกียรติ และปราณี เกียรติสุระยานนท์. 2532. **อาหารฉายรังสี หลักการใช้และความปลอดภัย.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

เฉลิมวิไล ชื่นศรี. 2539. **ความรู้เรื่องการเลี้ยงปลา.** [Online]. Available : http://www.nicaonline.com/articles1/site/view_article.asp?idarticle=119. (กรกฎาคม 25. 2551)

ชนินทร์ เจริญพงศ์. 2539. "การคุ้มครองผู้บริโภคเกี่ยวกับการฉายรังสีผลิตภัณฑ์อาหาร." **นิวเคลียร์ปริทัศน์.** 1(ม.ค.-มี.ค.) : 1-8.

ชลลดา ปัญญาพิชญ์, ญาณี เจริญลาภทวี และวิรงค์รอง ทองเหลือ. 2548. "สมบัติทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาของเนื้อหมูอนามัยสมุนไพรและสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์." ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชุลีพรรณ จิตจง และหญิง โศภิษฐ์กมล. 2539. "การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมปลานิล." ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นงนุช รักสกุลไทย. 2545. **"เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวัตถุเจือปนในอาหารในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ."** กรุงเทพฯ : ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารอัดสำเนา.

นาถสุดา วิศววงศ์. 2522. "การศึกษาจุลินทรีย์ของอาหารหมักพื้นเมือง: ปลาเจ่า ปลาส้ม ส้มฟัก." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญสม พรเทพเกษมสันต์. 2539. "รังสี: อีกก้าวหนึ่งของการถนอมอาหาร." **นิวเคลียร์ปริทัศน์.** 1(ม.ค.-มี.ค.) : 9-16.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝ่ายวิศวกรรมนิวเคลียร์. 2552. **คำศัพท์นิวเคลียร์.** การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. [Online]. Available : http://www2.egat.co.th/ned/index.php?option=com_content&view=article. (พฤษภาคม 2. 2552)

ไพโรจน์ วิริยจารี, สักขณา รุจนะไกรกานต์ และพัชรินทร์ ระวียัน. 2544. **เทคโนโลยีเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์.** เชียงใหม่ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

มานิต กิ่งทอง. 2547. "การยืดอายุการเก็บรักษาแหนมปลาโดยการฉายรังสี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์. 2535. **โรคพยาธิตัวจี๊ดกับการฉายรังสีอาหาร.** [Online]. Available : http://www.tint.or.th/nkc/nkc5001/nkc5001x.html. (พฤษภาคม 16. 2553)

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์. 2539. "ประสบการณ์การวางตลาดของแหนมฉายรังสี." **นิวเคลียร์ปริทัศน์.** 1(ม.ค.-มี.ค.) : 1-8.

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์, จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ และสุรศักดิ์ สัจจบุตร. 2550. **เทคโนโลยีการฉายรังสีกุ้งจ่อม.** [Online]. Available : http://www.tint.or.th/nkc/nkc5002/nkc5002w.html. (ตุลาคม 31. 2551)

เยาวเรศ ทองนอก, ชาญชัย ตรีเพชร, กัลยาภรณ์ จันตรี, อุบล ชื่นสำราญ, นราภรณ์ ศิริกังวาน, วรพจน์ หริตกุล และกาจนศักดิ์ จารุปาณ. 2545. "การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารและวัตถุเจือปนในแหนมปลาในบริเวณกรุงเทพฯ." **รายงานการวิจัย.** สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.

ศรัณยา เปียแดง. 2528. "การใช้รังสียืดอายุการเก็บหมูยอ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิพัฒน์ รักเผ่า. 2539. "ผลของเชื้อเริ่มต้นผสมในการหมักแหนมต่อการลดปริมาณ *Staphylococcus aureus*." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี. 2550. **การเพาะเลี้ยงปลาจีน.** [Online]. Available : http://www.fisheries.go.th/if-suratthani/1plajeen.htm. (กรกฎาคม 25. 2551)

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2518. "การศึกษาจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการในระหว่างการทำแหนม." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายสนม ประดิษฐ์ดวง, ทนง ภัครพันธุ์, ลูกจันทร์ ภัครพันธุ์, ประยูร แสวงศักดิ์, วิชัย หฤทัยธนาสันต์, ประสาท ฟูตระกูล และไพบูลย์ ด่านวิรุทัย. 2521. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตอาหาร.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2533. **หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการฉายรังสีอาหาร.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. 2536. **การนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ในการพัฒนาประเทศ.** [Online]. Available : http://www.oaep.go.th/thaiatom/develop/data02_03.html. (พฤษภาคม 2. 2550)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแหนมปลา.** มผช. 471-2547.

อรวรรณ เลาหสินนุรักษ์. 2544. "การยืดอายุการเก็บรักษาส้มฟักโดยการใช้รังสี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาผลิตภัณฑ์ประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาคม สังข์วรานนท์. 2521. **การวิจัยโรคและเทคนิคทางปรสิตวิทยา.** กรุงเทพฯ : ประยูรวงษ์.

อำนวย ผู่ตระกูล. 2549. **ชุดวิชาการทำแหนม.** [Online]. Available : http://www.nfe.go.th/nfe_v2/frontend/theme/index.php. (พฤษภาคม 5. 2550)

Ahn, D.U. and Nam, K.C. 2004. "Effect of ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef." **Radiation Physics and Chemistry.** 71 : 149-154.

Anonymous. 1982. **Progress Report by Secretariat on Commercial Activities in Food Irradiation.** Vienna : IAEA. อ้างถึงใน มานิต กิ่งทอง. 2547. "การยืดอายุการเก็บรักษาแหนมปลาโดยการฉายรังสี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. 2000. **Official method of analysis of association of official analytical chemists.** 17th ed. Maryland : Gaithersburg.

Diehl, J.F. 1990. **Safety of Irradiation Foods.** New York : Marcel Dakker. อ้างถึงใน พิทยา อดุลยธรรม. 2536. "ผลของรังสีแกมมาและการควบคุมอากาศภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นไก่." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frazier, W.C. 1967. **Food Microbiology**. New York : Mcgraw-Hill Book. อ้างถึงใน ชุลีพรรณ จิตจง และหญิง โศภิษฐ์กมล. 2539. "การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมปลานิล." ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

International Atomic Energy Anency (IAEA). 1982. **Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques**. Technical Report, Serial No. 114. Vienna : IAEA. อ้างถึงใน มานิต กิ่งทอง. 2547. "การยืดอายุการเก็บรักษาแหนมปลาโดยการฉายรังสี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1991. **Pearson's composition and analysis of foods**. 9th ed. Longman Scientific & Technical.

Lebepe, S., Molins, R.A., Charven, S.P., Farrar, I.V. and Skowronski, R.P. 1990. "Changes in microflora and other characteristics of vacuum packaged pork loins irradiated at 3.0 kGy." **Journal of Food Science**. 55 : 918–924.

Prescott, S.C. and Dunn, C.G. 1959. **Industial Microbiology**. 3rd ed. New York : Mcgraw-Hill Book. อ้างถึงใน ชุลีพรรณ จิตจง และหญิง โศภิษฐ์กมล. 2539. "การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมปลานิล." ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Riebroy, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., Tanaka, M., Erikson, U. and Rustad, T. 2007. "Effect of irradiation on properties and storage stability of Som-fug produced from bigeye snapper." **Food Chemistry**. 103 : 274–286.

Samelis, J., Kakouri, A., Savvaidis, I.N., Riganakos, K. and Kontominas, M.G. 2005. "Use of ionizing radiation doses of 2 and 4 kGy to control *Listeria* spp. and *Escherichia coli* O157:H7 on frozen meat trimmings used for dry fermented sausage production." **Meat Science**. 70 : 189–195.

Sangjindavong, M., Chuapoehuk, P. and Rukskulthai, N. 2000. "Quality characteristics of fermented sour fish cake (Nham-pla)." **Int. J. of Food Properties**. 3(3) : 399-406.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simic, M.G. 1978. "Radiochemistry of amino acids and peptides in aqueous solution." **J. of Agricultural and Food Chem.** 26(1) : 6-14. อ้างถึงใน พิทยา อดุลยธรรม. 2536. "ผลของรังสีแกมมาและการควบคุมอากาศภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นไก่." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Tressler, D.K. and Leinon, J.Mc W. 1951. **Marine products of commerce.** New York : Reinhold. อ้างถึงใน ชุลีพรรณ จิตจง และหญิง โศภิษฐ์กมล. 2539. "การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมปลานิล." ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Wills, P.A. 1982. "The Use of Atomic Energy for the Irradiation of Foods" **Food Technology in Aust.** 34(9) : 420-424. อ้างถึงใน อรวรรณ เลาหสินนุรักษ์. 2544. "การยืดอายุการเก็บรักษาส้มฟักโดยการใช้รังสี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Xiong, Y.L. 1997. "Structure-function relationships of muscle proteins." **Food proteins and their applications.** In S. Damodaran, & A. Paraf (Eds.). New York : Marcel Dekker.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1. การวิเคราะห์ค่า TBA (Kirk and Sawyer, 1991)

1.1 ชั่งอาหาร 10 กรัม นำไปปั่นกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที

1.2 เทตัวอย่างที่บดละเอียดลงในขวดกลั่น ล้างตัวอย่างออกจากเครื่องด้วยน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร เทลงในขวดกลั่น

1.3 เติมกรด HCl 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับ pH ให้ได้ประมาณ 1.5 เติม glass beads

1.4 นำตัวอย่างไปกลั่น โดยกลั่นได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 10 นาที หลังจากตัวอย่างเริ่มเดือด

1.5 ดูดของเหลวที่กลั่นได้ (diatillate) 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วสะอาดที่มีฝาปิด

1.6 เติมสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายและจุ่มในอ่างน้ำเดือดนาน 35 นาที เตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรแทน

1.7 เมื่อครบกำหนดเวลา ทำให้ของเหลวเย็นลงภายในเวลา 10 นาที โดย ice-bath

1.8 นำสารละลายไปวัดค่า Absorbance ที่ 538 นาโนเมตร

1.9 คำนวณปริมาณ TBA value โดยใช้สูตร

<u>การคำนวณ</u>

TBA value (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม) = 7.8 A

เมื่อ A = ค่า Absorbance

2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 30 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนประมาณ 2-3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ เขย่าให้เข้ากันนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน (NaoH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติคือได้เป็นสารที่เป็นสีชมพูอ่อน

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{1000 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลาย NaOH

V คือ ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ค่า pH (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 90 มิลลิลิตร ใส่แท่งแม่เหล็กตั้งคนไว้ 5 นาที นำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี Total Plate Count (AOAC, 2000)

1.1 ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ตีป่นตัวอย่างอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่อง stomacher ได้ dilution 10^{-1}

1.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ใส่ใน peptone water 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ได้ dilution 10^{-2} ทำการเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

1.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจางต่าง ๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อโดยแต่ละระดับความเจือจางละทำ 3 จาน

1.4 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่หลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45°C ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15 มิลลิลิตร เขย่าจานเพาะเชื้อ เพื่อให้ตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกัน ระวังอย่าให้อาหารเลี้ยงเชื้อหกออกจากจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวกลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 48 ชั่วโมง

1.5 การอ่านผล คัดเลือกจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี มานับจำนวนโคโลนีแล้วบันทึกผล

1.6 หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่นับได้ แล้วคูณด้วยค่า dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีที่พบในตัวอย่าง 1 กรัม (colony forming unit หรือ CFU)

2. การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000)

2.1 ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ตีป่นตัวอย่างอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่อง stomacher ได้ dilution 10^{-1}

2.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ใส่ใน peptone water 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ได้ dilution 10^{-2} ทำการเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

2.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจางต่าง ๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ โดยแต่ละระดับความเจือจางละทำ 3 จาน

2.4 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ผสมกรดทาร์ทาริก หลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45°C ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15 มิลลิลิตร เขย่าจานเพาะเชื้อ เพื่อให้ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกัน ระวังอย่าให้อาหารเลี้ยงเชื้อหกออกจากจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22-25°C นาน 5 วัน

2.5 คัดเลือกจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีของยีสต์และรา อยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนีมานับจำนวนและหาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น แล้วคำนวณเป็นจำนวนของยีสต์และราในตัวอย่าง 1 กรัม

3. การวิเคราะห์ปริมาณ coliform feacal coliform และ *E. coli* (AOAC, 2000)

3.1 ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ตีปั่นตัวอย่างอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่อง stomacher ได้ dilution 10^{-1}

3.2 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ใส่ใน peptone water 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ได้ dilution 10^{-2} ทำการเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

3.3 ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจางต่าง ๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดของ Lauryl Sulphate Tryptose Broth (LSTB) ที่ใส่หลอดดักแก๊สแล้ว โดยแต่ละระดับความเจือจางละทำ 3 หลอด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C นาน 24-48 ชั่วโมง

3.4 ใช้ลูปถ่ายเชื้อจากหลอดของ LSTB ที่สร้างแก๊สทุกหลอด ลงในแต่ละหลอดของ EC Broth นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 44.5°C นาน 24-48 ชั่วโมง

3.5 ใช้ลูปถ่ายเชื้อจากหลอดที่สร้างแก๊สทุกหลอด ลงในแต่ละหลอดของ Brilliant Green Lactose Bile Broth 2% นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C นาน 24-48 ชั่วโมง

3.6 นับจำนวนหลอดที่มีก๊าซในหลอดดักก๊าซของหลอด EC broth นำผลไปอ่านค่า MPN จากตาราง ค่า MPN ที่ได้เป็นค่า MPN ของ faecal coliform

3.7 นับจำนวนหลอดที่มีก๊าซในหลอดดักก๊าซของหลอด 2% BGLB นำผลไปอ่านค่า MPN จากตาราง ค่า MPN ที่ได้เป็นค่า MPN ของ coliform

3.8 ใช้ loop แตะเชื้อที่ให้ผลบวกจากหลอดในข้อ 3.6 หรือ ข้อ 3.7 ไปเขี่ยเพาะเชื้อบน EMB agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

3.9 เลือกโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *E. coli* บน EMB agar ซึ่งกลางโคโลนีมีสีเข้มคล้ำอาจมีเงาโลหะหรือไม่มีก็ได้ ในกรณีที่ไม่ปรากฏลักษณะโคโลนีดังกล่าวให้เลือกโคโลนีที่มีลักษณะใกล้เคียงที่สุด 2 โคโลนี นำโคโลนีที่สงสัยไปทดสอบสมบัติทางชีวเคมี ดังนี้

3.9.1 เพาะเลี้ยงเชื้อลงบน TSI agar slant, tryptone broth, MR-VP medium (2 หลอด) และ simmon citrate slant agar โดยใช้ 1 ชุดทดสอบต่อ 1 โคโลนี นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.9.2 อ่านผลลักษณะทางชีวเคมี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- TSI agar slant เกิดด่างที่ผิวหน้า (สีแดง) เกิดกรดที่ก้นหลอด (สีเหลือง) อาจสร้างหรือไม่สร้างแก๊ส (สีดำ) ก็ได้

- ทดสอบ Indole โดยเติม Kovac's indole reagent 0.2-0.3 มิลลิลิตร ลงในหลอด tryptone broth ถ้าเกิดสีชมพูหรือแดงที่ผิวหน้า แสดงว่าให้ผลบวก

- ทดสอบ Voges-proskauer reactive compound (VP) หลังบ่มไว้ 48 ชั่วโมง โดยปิเปตเชื้อจาก MR-VP medium 0.7 มิลลิลิตร ลงในจานกระเบื้องหลุมสีขาว เติมสารละลาย α-napthol 0.1 มิลลิลิตร 40% KOH 0.1 มิลลิลิตร และเกล็ด creatine 2-3 ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ถ้าเกิดสีชมพู แสดงว่าให้ผลบวก สำหรับอีกหลอดบ่มต่ออีก 48 ชั่วโมง ทดสอบ Methyl red reactive compounds (MR) หลังการทดสอบ VP ทดสอบปฏิกิริยาโดยเติมสารเมธิลเรด 5 หยดในหลอด MR-VP medium ถ้าเกิดสีแดง แสดงว่าให้ผลบวก สีเหลืองแสดงว่าให้ผลลบ

- ทดสอบ Citrate โดย simmon citrate slant agar ถ้ามีอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแสดงว่าให้ผลบวก

TSI agar slant				IMViC			
Butt	Slant	Gas	H_2S	Indole	MR	VP	Citrate
A	A(K)	+(-)	-	+	+	-	-
			หรือ	-	+	-	-

3.10 คำนวณค่า MPN ของ *E. coli* ต่อกรัมของอาหาร โดยนับจำนวนหลอดที่มี *E. coli* ที่ให้ลักษณะทางชีวเคมีในข้อ 3.9 เทียบค่า MPN จากตาราง MPN

4. การวิเคราะห์ปริมาณ *Salmonella* (AOAC, 2000)

Pre-enrichment

- เตรียมตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ลงในภาชนะปิดที่ปลอดเชื้อ (ฟลาส์กหรือถุงพลาสติกอุดจุกสำลี)

- เติม TSB 225 มิลลิลิตร เขย่าหรือปั่นให้ตัวอย่างอาหารกระจายในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB อย่างสม่ำเสมอ

- นำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

Selective enrichment

- ใช้ปิเปตปลอดเชื้อถ่ายเพาะเชื้อจาก TSB ลงในหลอดทดสอบที่มีอาหารเหลวเลี้ยงเชื้อ TTB (9 มิลลิลิตร) และ SCB (9 มิลลิลิตร) หลอดละ 1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำหลอดทั้งหมดไปบ่มในตู้อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง
- เขี่ยเชื้อจากหลอด TTB และ SCB ลงบนอาหารแข็งเพาะเชื้อ SS และ XLD agar
- คว่ำจานและบ่มจานเพาะเชื้อทั้งหมดในตู้บ่มอุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

Biochemical screening test

- นำลักษณะเฉพาะของโคโลนีที่น่าสงสัยในแต่ละอาหารเลี้ยงเชื้อไปทำการทดสอบปฏิกิริยาชีวเคมี โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อเขี่ยโคโลนีที่สงสัยไปเพาะลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSI agar slant, LIM medium และ TSA หรือ NA slant นำหลอดทดสอบทั้งหมดไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

- ดูผลปฏิกิริยาชีวเคมีในหลอด TSI agar slant และ LIM medium ซึ่ง *Salmonella* จะให้สมบัติทางชีวเคมีดังนี้

TSI					LIM	
Butt	slant	H_2S	Gas	Lysine	Indole	Motile
A	K	+/-	+/-	+	-	+/-

K = alkaline ปลายหลอด (slant) ของ TSI จะมีสีแดง (ชมพูบานเย็น)

A = acid ก้นหลอด (butt) ของ TSI จะมีสีเหลือง

H_2S + = ในหลอด TSI จะเกิดตะกอนสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่ง *Salmonella* ส่วนใหญ่จะให้ผลบวก

H_2S - = ไม่มีตะกอนสีดำในหลอด TSI เนื่องจากไม่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์

Gas + = มีฟองอากาศดันวุ้นของ TSI เนื่องจาก *Salmonella* ส่วนใหญ่สามารถหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วได้กรดและก๊าซเพียงเล็กน้อย

Gas - = ไม่มีฟองอากาศให้เห็นในหลอด TSI ซึ่งมีบางเซโรวาร์ให้ผล –

Lysine + = จะมีสีม่วงทั้งหลอดเนื่องจาก *Salmonella* มีเอนไซม์ lysine carboxylase ไปย่อย lysine ทำให้อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อมีความเป็นด่างมากขึ้น มีผลทำให้ brom cresol purple ซึ่งใช้เป็น indicator ในอาหารดังกล่าวและมีสีม่วงที่ pH เป็นกลาง มีสีม่วงเข้มมากยิ่งขึ้น ซึ่ง *Salmonella* ส่วนมากจะมีเอนไซม์ดังกล่าวนี้

Lysine - = หลอดอาหารจะมีสีเหลือง เนื่องจากเชื้อไม่มีเอนไซม์ lysine carboxylase แต่มีเอนไซม์ lysine deaminase ซึ่งจะไปย่อย lysine ทำ ให้ pH ของอาหารต่ำลง มีผลให้สีม่วงของ brom cresol purple เปลี่ยนไปเป็นสีเหลือง

indole + = จะมีสีแดงบนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อหลังหยดน้ำยา KOVAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

indole - = ไม่เกิดสีแดงหลังหยดน้ำยา KOVAC ซึ่ง *Salmonella* จะไม่มีเอนไซม์ tryptophanase จึงไม่เกิดปฏิกิริยากับ KOVAC

motile + = หลอดอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ LIM จะขุ่นทั้งหลอด

motile - = หลอดอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อจะมีเชื้อเจริญบริเวณรอย stab เท่านั้น

Serological test

- นำหลอด TSA หรือ NA slant ที่สงสัยว่าเป็น *Salmonella* จากการทดสอบสมบัติทางชีวเคมีข้างต้นมาทำการทดสอบยืนยันสมบัติทางเซโรโลยี

- หยด Agglutinating antiserum (polyvalent) A-67 ลงบนสไลด์ที่สะอาด

- ใช้ห่วงหรือเข็มเขี่ยเชื้อจาก TSA หรือ NA slant เกลี่ยเชื้อให้ทั่วหยดของ antiserum บนสไลด์

- สังเกตดูการเกิดตะกอนของเชื้อในหยด antiserum ถ้าหากเชื้อดังกล่าวเป็น *Salmonella* จะเกิดการตกตะกอนของเชื้อขึ้น ถ้าไม่ใช่เชื้อจะละลายอยู่ในหยดของ antiserum ขาวขุ่นเหมือนน้ำนมทั้งหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบการให้คะแนนการยอมรับของแหนมปลาจีน

ชื่อผู้ทดสอบ _____ **วันที่ทดสอบ** _____

ตัวอย่าง : แหนมปลาจีน

คำชี้แจง : ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างแหนมปลาที่ให้ แล้วใส่คะแนนในระดับที่ยอมรับได้โดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่ระบุไว้

5 = ดีมาก 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = พอใช้ 1= ต้องปรับปรุง

ลักษณะ	เกณฑ์การให้คะแนน	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง
ลักษณะปรากฏ	ต้องมีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ ไม่มีโพรงอากาศและมีน้ำที่เกิดจากการหมักได้เล็กน้อย		
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้		
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักของส่วนประกอบที่ใช้รสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเหม็น รสขม		
เนื้อสัมผัส	ต้องแน่น ไม่ยุ่ย		
ความชอบโดยรวม	ความชอบของลักษณะด้านต่าง ๆ		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือค่ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวแคทรียา ศิริพงษ์ เกิดวันจันทร์ที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ในปีการศึกษา 2547 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และจบการศึกษาในปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้