THE LIBRARY
COLLEGE OF EDUCATION
BANGKOK. THAILAND

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้นและขี้เถ้า รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสี

A quantitative analysis of protein, fat, moisture, ash and oxidative rancidity of irradiated, salted and dried chub mackerel (Rastrelliger neglectus)

ปริญญานิพนธ์

ของ

เยาวเรก เจริญจิตต์

18 ธ.ค. 2517

เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

มีนาคม 2517

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของวิทยาลัยวิชาการศึกษาได้

.....ประธาน

.....กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ไพศาล เลาห์เรณู หัวหน้ากองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ อาจารย์วนิดา อัครปรีดี ประจำแผนกเคมี วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร และอาจารย์ศรีสรร เลาห์เรณู นักวิทยาศาสตร์เอก กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สำเริง บุญเรืองรัตน์ ประจำสำนักงานทดสอบ วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร ซึ่งได้มีส่วนช่วยเหลือแนะนำในด้านสถิติ ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และข้าราชการในสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือและร่วมมือในการทดลอง

ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่และน้อง ๆ อีกหลายท่านตลอดจนผู้พิมพ์และโรเนียวที่ได้มีส่วนช่วยเหลือด้วยดีตลอดมาจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อย

เยาวเรศ เจริญจิตต์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	4
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	4
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	5
	การวิเคราะห์ข้อมูล	7
	กำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ	7
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า	10
2	ทฤษฎี	15
3	วิธีดำเนินการทดลอง	22
	การสุ่มกลุ่มตัวอย่างปลาและการฉายรังสี	22
	การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และขี้เถ้า	23
	การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น	23
	การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน	26
	การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน	29
	การวิเคราะห์หาปริมาณขี้เถ้า	29
	การวิเคราะห์หาปริมาณกลิ่นหืน	31
	การชิมรสและกลิ่นหืน	31
	Thiobarbituric acid test	31
	Peroxide value	33

บทที่		หน้า
4	การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง	37
	ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล	37
	ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	39
	ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	40
	ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	41
	ผลการวิเคราะห์ปริมาณขี้เถ้า	42
	ผลการวิเคราะห์การชิมรสและกลิ่นหืน	43
	ผลการวิเคราะห์ค่า TBA	44
	ผลการวิเคราะห์ค่า PV	53
5	สรุปและอภิปรายผลการทดลอง	63
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	63
	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	63
	การวิเคราะห์ข้อมูล	64
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	64
	อภิปรายผลการทดลอง	67
	ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม		71
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก.	77
	ภาคผนวก ข.	92
	ภาคผนวก ก.	94

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณความชื้นคิดจากน้ำหนักปลาทั้งตัว เทียบเป็นร้อยละ	39
2	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในเวลา 4 เดือน	40
3	ปริมาณโปรตีนคิดจากน้ำหนักปลาภายหลังอบหาความชื้นเทียบเป็นร้อยละ	40
4	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลา 4 เดือน	41
5	ปริมาณไขมันคิดจากน้ำหนักปลาภายหลังอบหาความชื้นเทียบเป็นร้อยละ	41
6	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลา 4 เดือน	42
7	ปริมาณขี้เถ้าคิดจากน้ำหนักปลาภายหลังอบหาความชื้นเทียบเป็นร้อยละ	42
8	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของขี้เถ้าในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลา 4 เดือน	43
9	คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ณ ความกดดันของบรรยากาศ	43
10	คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ที่สูญญากาศ	44

ตารางที่		หน้า
11	ปริมาณค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ณ ความกดดันของบรรยากาศ	47
12	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในเวลา 12 สัปดาห์	47
13	ปริมาณค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ที่สูญญากาศ	49
14	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในเวลา 12 สัปดาห์	51
15	ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 0 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	51
16	ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 100 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	52
17	ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 200 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	52
18	ความแปรปรวนของค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 300 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	53

ตารางที่		หน้า
19	ปริมาณค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ณ ความกดดันของบรรยากาศ	53
20	ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในเวลา 12 สัปดาห์	54
21	ปริมาณค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ที่สูญญากาศ	56
22	ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในเวลา 12 สัปดาห์	56
23	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่า PV ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	58
24	ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 100 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	58
25	ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 200 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	59
26	ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 300 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ	59
27	ปริมาณค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ และเก็บไว้เป็นเวลา 12 สัปดาห์	60

ตารางที่		หน้า
28	ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลา 12 สัปดาห์	62
29	ข้อมูลปริมาณความชื้น	78
30	ข้อมูลปริมาณโปรตีน	78
31	ข้อมูลปริมาณไขมัน	79
32	ข้อมูลปริมาณขี้เถ้า	80
33	ข้อมูลปริมาณค่า TBA ที่ความกดดันของบรรยากาศ	81
34	ข้อมูลปริมาณค่า TBA ที่สูญญากาศ	82
35	ข้อมูลปริมาณค่า PV ที่ความกดดันของบรรยากาศ	82
36	ข้อมูลปริมาณค่า PV ที่สูญญากาศ	83
37	ข้อมูลปริมาณค่า PV ที่ความกดดันของบรรยากาศ	84
38	ข้อมูลคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนที่ความกดดันของบรรยากาศ	85
39	ข้อมูลคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนที่สูญญากาศ	87
40	ข้อมูลค่า Absorbance ของปริมาณไนโตรเจน	90
41	ข้อมูลค่า Absorbance ของสารละลาย KA.	90

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
1.	ภาพแสดง เครื่อง Gamma beam 650 - type IR 31	24
2.	ภาพแสดงท่อทาง เดินของต้นกำเนิดรังสี 12 ท่อ	25
3.	เครื่อง Spectronic 20	27
4.	Standard Curve ของไนโตรเจน	28
5.	เครื่อง Soxhlet Continuous Extraction Apparatus	30
6.	เครื่อง Micro Kjeldahl Distillation	32
7.	เครื่อง Spectrophotometer	34
8.	Standard Curveของ Malonaldehyde	35
9.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืน กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ	45
10.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืน กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติก ที่สูญญากาศ	46
11.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBA กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศ	48
12.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBA กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติกที่สูญญากาศ	50

ภาพประกอบที่ หน้า

13. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PV กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ 55

14. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PV กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติคที่สูญญากาศ 57

15. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PV กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ 61

บทที่ 1

บทนำ

ปลาทูเป็นปลาทะเลชนิดหนึ่งที่ประชาชนไทยนิยมบริโภคกันมาก เนื่องจากในน่านน้ำไทย มีปลาทูชุกชุมกว่าปลาชนิดอื่นๆ ดังจะเห็นได้จากสถิติปริมาณปลาทะเลที่ขึ้น ณ สะพานปลากรุงเทพ ในปี 2506 - 2515 ดังนี้

ปริมาณปลาทั้งสิ้น	308,495 เมตริกตัน	
เป็นปริมาณปลาทู	338,098 เมตริกตัน	คิดเป็นร้อยละ 41.8
ปริมาณปลาชนิดอื่นๆซึ่งรวมกัน	418,055 เมตริกตัน	คิดเป็นร้อยละ 51.7
และปริมาณ ปู กุ้ง หอย	52,342 เมตริกตัน	คิดเป็นร้อยละ 6.5

(แผนกสถิติ กองสะพานปลา กรุงเทพฯ 2515 :2) และในปี 2513 - 2515 มีปลาทูสดเป็นร้อยละ 47.9, 45.07 และ 27.7 ตามลำดับ (ดู · 3) นอกจากนี้ปลาทูยังเป็นปลาที่มีรสชาดและคุณค่าทางอาหารสูง เป็นที่นิยมบริโภคกันมาช้านานอันถือว่าเป็นอาหารหลักอันสำคัญทางโภชนาการและเศรษฐกิจอย่างหนึ่ง คือนอกจากใช้ในรูปปลาสดแล้วยังแปรรูปทำเป็นปลาเค็ม ปลาหนึ่ง และอื่นๆได้อีก (จินดา เทียมเมธ, 2514: 574 - 5) และพบว่าปลาทูเค็ม เป็นสินค้าออกส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ เช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฮ่องกง เช่นปี 2503 ส่งปลาทูเค็มออกถึง 1,006 ตัน มูลค่ากว่า 3 ล้านบาท (ดู · 575) และสถิติการส่งปลาทูเค็มในปี 2502 - 2512 รวมส่งออกเป็นจำนวน 3,068 ตัน มูลค่ากว่า 9 ล้านบาท (ดู : 577) จะเห็นได้ว่าปลาทูเค็มเป็นที่นิยมบริโภคของประชาชนทั่วไป และสามารถส่งเป็นสินค้าออกได้มิใช่น้อย เมื่อเทียบกับปริมาณสัตว์น้ำทำเค็มชนิดต่างๆที่นำขึ้น ณ สะพานปลากรุงเทพ ประจำปี 2510 - 2511 มีปลาทูร้อยละ 55.12 และ 32.34 ตามลำดับ (แผนกสถิติ กรมประมง, 2514 : 18)

อย่างไรก็ตามจากผลการสำรวจปลาทูของกรมประมงแจ้งว่า ปลาทูมีปริมาณน้อยลงเป็นอันมาก ประจวบกับประชากรของประเทศเพิ่มขึ้นในอัตราสูงอย่างน่าวิตก ซึ่งดูจากสถิติย้อนหลังถึงปี พ.ศ. 2498 จะพบว่าเคยได้ปลาทูขึ้นท่า

ถึง 48,000 ตัน อันเป็นร้อยละ 31.70 ของสัตว์น้ำทะเลทั้งหมด คือ 151,400 ตัน แต่ปี พ.ศ. 2506 ได้ปลาทูมาขึ้นขายเพียง 23,313 ตัน เหลือเพียงร้อยละ 7.20 ของปลาทะเลที่จับได้ 323,374 ตัน (จินดา เทียมเมธ, 2514 : 575) เมื่อเป็นเช่นนี้ความจำเป็นในการใช้ปลาที่จับได้ให้เป็นประโยชน์มากที่สุด โดยการป้องกันมิให้เกิดความสูญเปล่า เน่าเสีย แต่ให้กระจายไปถึงผู้บริโภคให้ทั่วถึงกัน ดังเช่นคำกล่าวของผู้อำนวยการวิจัยเทคโนโลยีด้านอาหารแห่งเมืองไซเมอร์ ประเทศอินเดียว่า เหตุที่อินเดียมีอาหารไม่เพียงพอแก่การบริโภค เนื่องจากมีการสูญเสียหลายทาง เช่น แมลง สัตว์นานาชนิดทำลาย การเน่าเสียและความบกพร่องในการขนส่ง เป็นต้น ซึ่งถ้าสามารถป้องกันการสูญเสียดังกล่าวนี้ ได้แม้เพียงร้อยละ 25 จะทำให้อินเดียมีอาหารเพียงพอและเป็นสินค้าออกเพิ่มขึ้นได้ (วิไล เทวกุล, 2511 : 10)

สำหรับการเน่าเสียของอาหารนั้นมีสาเหตุดังต่อไปนี้

1. จากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
2. จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีโดยเฉพาะจากเอนไซม์
3. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี เช่น เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ
4. การเปลี่ยนแปลงทางด้านฟิสิกส์ เช่น การสูญเสียน้ำ
5. การเปลี่ยนแปลงทางด้านชีววิทยา เช่น การงอกของอาหารบางชนิด
6. จากการทำลายของแมลง หนู และสัตว์อื่นๆ

(ไพศาล เลาหเรณู, 2513 : 3)

อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ช่วยทำให้มนุษย์รู้จักป้องกันการสูญเสียของอาหารได้โดยการถนอมอาหาร สำหรับปลามีวิธีการช่วยเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานด้วยการ ตากแห้ง ทำเค็ม ทำอาหารกระป๋อง เป็นต้น และในปัจจุบันนี้พบว่าได้มีการถนอมอาหารโดยฉายด้วยรังสีแกมม่า พบว่าอาหารนั้นจะสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าปกติ เพราะระหว่างที่รังสีผ่านทะลุเข้าไปในอาหารแม้จะเป็นระยะ

เวลาสั้น แต่ก็แรงพอที่จะฆ่าเชื้อจุลอินทรียที่ติดมากับอาหารนั้นๆ หรือป้องกันการงอกของอาหารได้หรือทำให้ผลไม้สุกช้าได้ วิธีการใช้รังสีนี้ต่างกว่าวิธีเก็บถนอมอาหารสมัยเดิม เช่น การตากแห้ง หรือการบรรจุกระป๋อง เพราะวิธีเหล่านี้ มักทำให้อาหารเปลี่ยนรูปและรสชาด (เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, 2511 : 49 - 54)

ในช่วงระยะ 20 ปีที่ผ่านมานี้ ได้มีการค้นคว้าวิจัยอาหารฉายรังสีอย่างกว้างขวาง เป็นที่คาดคะเนได้ว่าภายใน 10 ปีข้างหน้านี้อาหารฉายรังสีจะมีวางตลาดกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อนและอาหารเน่าเสียเร็ว อาหารฉายรังสีจะเป็นวิธีถนอมอาหารที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยป้องกันการขาดแคลนอาหารของประชากรได้อย่างดี (ไพศาล เลาหเรณู, 2513 15 - 16)

ในประเทศไทย สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้เริ่มศึกษาวิจัยอาหารฉายรังสีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 เป็นต้นมา โดยได้เริ่มศึกษาวิจัยในอาหารประเภทผลไม้ เช่น กล้วยหอม มะม่วง มะละกอ และอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เช่น ปลาทูสด ปลาทูนึ่ง กุ้งทะเล เป็นต้น (ดู · 15)

ผู้วิจัยเล็ง เห็นว่าปลาทูเค็มเป็นอาหารที่ประชาชนนิยมบริโภคและเก็บไว้ได้นาน ประกอบทั้งเป็นอาหารทะเลที่ประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือขาดแคลน ถ้าได้มีการส่งไปจำหน่ายให้ทั่วถึง จะทำให้ประชาชนในแถบดังกล่าวได้บริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ คือได้ทั้งสารอาหารโปรตีน ไขมัน และไอโอดีนด้วย เพราะจากรายงานการสำรวจภาวะโภชนาการ พบว่าอาหารที่คนไทยบริโภค ส่วนใหญ่โดยเฉพาะแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ มีไขมันต่ำ (Martin, 2515 . 273) ถ้าปลาทูเค็มได้ผ่านการฉายรังสีจะช่วยยืดระยะเวลาการเก็บให้ได้นานมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็ง เห็นว่าน่าจะมีการวิจัยคุณค่าสารอาหารในปลาทูเค็มฉายรังสี โดยเฉพาะในด้านกลิ่นหืน เพราะแม้จะเก็บรักษาไว้ได้นานและคุณค่าสารอาหารไม่เปลี่ยนแปลงก็ตาม แต่ถ้ามีกลิ่นหืนเกิดขึ้น ผู้บริโภคย่อมไม่เต็มใจบริโภคอาหารที่มีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไป ผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการช่วยป้องกันปัญหาทุโภชนาการ (malnutrition) แก่ประชาชนในชนบท นอกจากนี้เทคนิคและวิธีการที่ใช้ใน

การวิเคราะห์ครั้งนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในวิชาปฏิบัติการทางชีวเคมี (Biochemistry) และเคมีวิเคราะห์ (Analytical Chemistry) ในระดับอุดมศึกษาและการฝึกหัดครูด้วย

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้าในปลาทูเค็ม

2. เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืน (oxidative rancidity) ในปลาทูเค็ม

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลจากการศึกษาค้นคว้าจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้าในปลาทูเค็มภายหลังฉายรังสี

2. ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงกลิ่นหืนในปลาทูเค็มภายหลังฉายรังสี

3. ข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ทางพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

ผลของการฉายรังสีแกมม่าทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น ขี้เถ้า และกลิ่นหืนในปลาทูเค็ม

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำการศึกษาผลทางคุณค่าอาหารในปลาทูเค็มฉายรังสีเท่านั้น

2. ทำการศึกษาปริมาณคุณค่าอาหารดังนี้

   2.1 โปรตีน

   2.2 ไขมัน

   2.3 ความชื้น

   2.4 ขี้เถ้า

   2.5 กลิ่นหืน

3. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในด้านปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative analysis) โดยวิธีการทางเคมีและฟิสิกส์ที่เหมาะสม

4. รังสีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่รังสีแกมม่าที่ได้จากเครื่องฉายรังสีที่มีธาตุโคบอลท์ 60 เป็นต้นกำเนิด และใช้ปริมาณรังสี 4 ขนาด คือ 0, 100, 200, และ 300 กิโลแรด (Krad)

5. ปลาทูเค็มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ปลาทูสดทำให้เค็มโดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดี่ยมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 25 บรรจุในถุงพลาสติคที่อุณหภูมิห้อง ณ ความดันบรรยากาศ (25 - 30° ซ) และสูญญากาศ

6. ปริมาณโปรตีนหาในรูปของปริมาณไนโตรเจน

* (7.) ปริมาณไขมันหาในรูปของปริมาณไขมันที่ละลายในตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ (Petroleum ether)

8. ความชื้นหาโดยวิธีการชั่งน้ำหนักที่หายไปของปลาทูเค็มในระหว่างการอบที่อุณหภูมิ 75°— 80° ซ. จนน้ำหนักคงที่

9. ขี้เถ้า หาโดยวิธีการชั่งน้ำหนักปลาทูเค็มภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 525° ซ.

* (10.) กลิ่นหืนหาโดยการใช้ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (Thiobarbituric acid value, TBA) และการชิมรสและกลิ่นหืน

<u>วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า</u>

1. สุ่มกลุ่มตัวอย่างปลาทูสดนำมาทำเค็มโดยแช่น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นของโซเดี่ยมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 25 แช่ 12 ชั่วโมง ตากแดดให้มีความชื้นเหลือร้อยละ 20 - 25

2. นำกลุ่มตัวอย่างในข้อ 1. บรรจุถุงพลาสติคที่อุณหภูมิของห้อง ณ ความกดดันของบรรยากาศและสูญญากาศ บรรจุถุงละ 5 ตัว ไม่น้อยกว่า 60 ถุง

3. นำกลุ่มตัวอย่างในข้อ 2. ไปฉายรังสีแกมม่าขนาด 0, 100, 200, และ 300 กิโลแรด (Krad)

4. เก็บกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3. ไว้ที่อุณหภูมห้อง (25° - 30° ซ.)

5. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้า ทุกเดือนสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติคที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการวิเคราะห์แต่ละขนาด ทำ 3 ครั้ง

6. ทำการวิเคราะห์กลิ่นหืน ทุก 2 สัปดาห์ ดังนี้

6.1 ใช้กลุ่มตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติคที่อุณหภูมิห้อง แต่ละขนาด นำมาวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเปอร์รอกไซด์ (Peroxide value, PV) ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (Thiobarbituric acid value, TBA) และการชิมรสและกลิ่นหืน

6.2 ใช้กลุ่มตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติคที่สูญญากาศ แต่ละขนาด นำมาวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเปอร์รอกไซด์ ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค และการชิมรสและกลิ่นหืน

6.3 การชิมรสและกลิ่นหืน นำปลาเค็มมาห่อด้วยกระดาษอลูมิเนี่ยม (Aluminium foil) ห่อละ 2 ตัว อบที่อุณหภูมิ 200° ซ. เป็นเวลา 20 - 25 นาที แกะกระดาษออกหั่นปลาเป็นชิ้นเล็กๆใส่จานจานละขนาด โดยมีระหัสกำกับไว้ ให้ผู้ทดลองที่ผ่านการอบรมในด้านการชิมปลาอย่างดีมาแล้ว ชิมปลาพร้อมทั้งให้คะแนนตามแบบฟอร์ม

7. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น ขี้เถ้า และกลิ่นหืน ใช้วิธีการทางเคมีและฟิสิกส์ ดังนี้

7.1 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดย Micro Kjeldahl - Nessler Method

7.2 วิเคราะห์หาปริมาณไขมันโดย Soxhlet Continuous Extraction Apparatus

7.3 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยชั่งน้ำหนักที่หายไปของปลาทูเค็มในระหว่างการอบที่อุณหภูมิ 75° - 80° ซ. จนน้ำหนักคงที่

7.4 วิเคราะห์หาปริมาณขี้เถ้าโดยชั่งน้ำหนักปลาทูเค็มภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 525° ซ. จนเป็นเถ้าสีขาวและมีน้ำหนักคงที่

7.5 วิเคราะห์หาปริมาณกลิ่นหืนโดยใช้

7.5.1 ค่าเปอร์รอกไซด์ (Peroxide value)

7.5.2 ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (Thiobarbituric acid value)

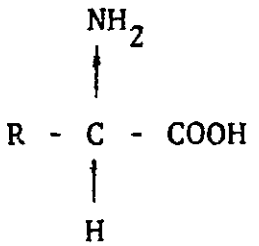
7.5.3 การชิมรสและกลิ่นหืน

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

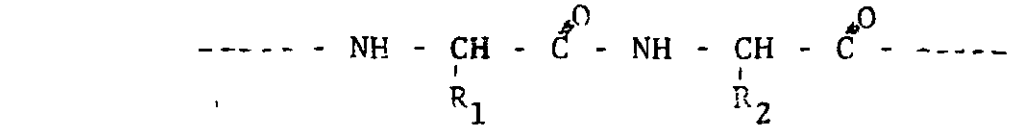
นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้ Analysis of Variance โดย Simple Randomized Design.

<u>คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ</u>

1. <u>โปรตีน</u> (Protein) คือสารประกอบอินทรีย์ที่โครงสร้างสลับซับซ้อน และมีโมเลกุลขนาดใหญ่มาก ซึ่งประกอบด้วยธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และธาตุอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก ทองแดง เป็นต้น โดยทั่วไปโปรตีนมีปริมาณไนโตรเจนประมาณร้อยละ 16 ธาตุดังกล่าวข้างต้นประกอบเข้าเป็นกรดอมิโน (Amino acid) ซึ่งมีสูตรดังนี้



และกรดอมิโนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide bond) เป็นลูกโซ่ (chain) เรียกว่า โพลี่เปปไทด์ (Polypeptide) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างโดยทั่วไปดังนี้



นั่นคือโปรตีนจะประกอบด้วยโพลี่เปปไทด์ 1 สาย หรือมากกว่า และแต่ละโพลี่เปปไทด์ ประกอบด้วยกรดอมิโนประมาณ 20 ถึงจำนวนหลายร้อยโมเลกุล

การศึกษาครั้งนี้จะวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและถือเป็นตัวแทนของโปรตีน ..

☆ (2.) ไขมัน (Crude Fat) คือสารผสมระหว่างสารที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (Fat soluble materials) ที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง (sample) ซึ่งประกอบด้วย Fat, Waxes, Phospholipids, Sterols, Free fatty acids, Carotenoid pigments, Chlorophyll เป็นต้น

3. ความชื้น (Moisture) คือน้ำหนักของสารตัวอย่าง (sample) ที่หายไปในการถูกความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูง เกินกว่า 80° ซ. ณ ความดันของบรรยากาศ

4. ขี้เถ้า (Ash) คือกากที่เหลือ (residue remaining) ภายหลังจากเผาสารตัวอย่าง (sample) ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 525° ซ. จนคาร์บอนถูกเผาไปหมดเหลือเป็นเถ้าสีขาว

☆ (5.) กลิ่นหืน (Oxidative rancidity) คือสารที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ระหว่างกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) ในสารตัวอย่างกับออกซิเจนในอากาศ

6. รังสีแกมม่า (Gamma Radiation) คือพลังงานที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสของอะตอมของธาตุกัมมันตรังสี เช่น Co^{60} Cs^{137} ฯลฯ ในลักษณะของกลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นเดียวกับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ แต่มีช่วงคลื่น (Wavelength) สั้นเพียง 0.001 - 1.0 อังสตรอม (Angstrom) มีพลังงานสูงกว่าแสงสว่างธรรมดามาก และมีอำนาจทะลุทะลวงสูงมาก สามารถทำให้โมเลกุลที่รังสีนี้ผ่านแตกตัวเป็นไอออน (Ion) ได้ นั่นคือ เกิด ionization

7. การฉายรังสี (Irradiation) คือการใช้รังสีฉายผ่านเข้าไปในวัตถุ เพื่อความมุ่งหมายบางอย่าง เช่น การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารให้ตายหมดด้วยปริมาณรังสีสูงมาก (3 - 5 ล้านแรด เรียกว่า Radappertization or Radiation Sterelization) การทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเร็วด้วยปริมาณรังสีค่อนข้างต่ำ (100 - 500 กิโลแรด เรียกว่า Raduri-zation or Radiation Pasteurization) การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Radicidation or Radiation Disinfection) การทำลายหนอนและแมลง (Radiation Disinfestation) การยับยั้งการงอกของ เมล็ดพืชและผักบางชนิด (Radiation Sprout Inhibition) หรือเพื่อความมุ่งหมายหลายประการรวมกัน

8. แรด (Rad) คือหน่วยวัดปริมาณของ รังสีที่ก่อให้เกิดพลังงานในสารที่รับรังสีนั้นไว้

ปริมาณรังสี 1 แรด มีค่าเทียบเท่ากับพลังงานจำนวน 100 เอิร์ก (ergs) ที่สารฉายรังสีหนัก 1 กรัม รับเอาไว้

9. การทำเค็มร้อยละ 25 คือการนำปลาสดล้างควัก เหงือกและไส้ออกแช่ในน้ำเกลือที่มีอัตราส่วนน้ำ : เกลือโซเดี่ยมคลอไรด์ = 100 : 25 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

10. ปลาเค็ม คือปลาที่ผ่านการทำเค็มร้อยละ 25 แล้วนำมาตากแดดให้เหลือความชื้นร้อยละ 20 - 25

11. Micro Kjeldahl - Nessler Method เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในรูปของจำนวน ไนโตรเจน (nitrogen) โดยเปลี่ยนไนโตรเจนในโปรตีนให้เป็น inorganic nitrogen ด้วยขบวนการย่อยและเติมสาร Nessler แล้ววัดปริมาณไนโตรเจนด้วย Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 420 mμ

12. Soxhlet Continuous extraction apparatus เป็นเครื่องมือที่ใช้แยกไขมันออกจากสารตัวอย่างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ที่เหมาะสม เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ แต่ไขมัน ฯ ค.คาดในตัวทำ คล.ดัง ๑๘-๑

ที่เหมาะสม เช่น ปิโตรเลี่ยม อีเทอร์ (Petroleum ether) แล้วไขมันจะละลายในตัวทำละลายดังกล่าว

*(13). Peroxide value คือจำนวนไอโอดีนที่ถูกปล่อยออกมา เมื่อสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง โดยไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ในสารตัวอย่างหนัก 1,000 กรัม

*(14). Thiobarbituric acid value คือปริมาณการดูดกลืนแสงของสารมาโลนาลดีไฮด์ (Malonaldehyde) ที่ทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริก ซึ่งวัดได้โดยใช้ Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 538 มิลิไมครอน (mμ) แล้วคูณด้วยจำนวน 401.3 ในสารตัวอย่าง 1,000 กรัม

15. การชิมรสและกลิ่นหืน คือการทดสอบการชิมอาหารด้วยการให้คะแนนตามรสและกลิ่นหืนของอาหาร ดังนี้

4	=	มีรส, กลิ่นหืนมาก
3	=	มีรส, กลิ่นหืนปานกลาง
2	=	มีรส, กลิ่นหืนเล็กน้อย
1	=	ไม่มีรส และกลิ่นหืนเลย

16. Spectrophotometry เป็นเทคนิคที่ใช้หาค่าดูดกลืนแสง (Absorbance) หรือความเข้มของแสงที่ผ่านออกมา (Transmittance) จากสารละลายที่ช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่ง โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ซึ่งใช้วิเคราะห์ได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์

เอกสารที่เกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้า

ทูเนอร์ และคณะ (turner et al, 1954 : 326 - 330) แห่งห้องทดลองวิจัยออสคาร์ เมเยอร์จำกัด, เมดิสัน, วิสคอนซิน ทำการทดลองการใช้กรดบาร์บิทูริค (TBA) วัดกลิ่นหืนในหมูแช่เย็นโดยเก็บที่อุณหภูมิ 0° - 5° ฟ. ทำการทดลองเป็นระยะ 1, 6, 10, และ 14 วัน ใช้เนื้อหมูที่มีอายุ 4, 10, 11, 13, 14, 15, 16, และ 17 เดือน โดยบดเนื้อหมูให้มีขนาด $\frac{1}{8}$ นิ้ว ก่อนทำการวิเคราะห์เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 32° ฟ. ผลปรากฏว่าวิธีการใช้สาร

TBA นี้ใช้เป็นดัชนีบอกอายุและคุณภาพของเนื้อหมูได้ดีกว่าการใช้สารเคมีอื่นๆ เช่น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเปอร์รอกไซด์ (Peroxide Value) แต่มีองค์ประกอบที่มีอิทธิพลเกี่ยวข้องด้วย คือการมีคาร์โบไฮเดรทที่ปนอยู่ด้วย, ระยะเวลาที่สาร TBA ทำปฏิกิริยากับเนื้อหมู และขนาดของเนื้อหมู

ซินฮูเบอร์ และยู (Sinnhuber and Yu, 1958 : 9 - 12) แห่งศูนย์การทดลองเกษตร, อาหารทะเล โอเรกอน ศึกษาการวัดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ปลาด้วยสาร TBA โดยวิเคราะห์หาปริมาณมาโลนาลดีไฮด์ (Malonaldehyde, MA) ผลปรากฏว่ากลิ่นหืนในอาหารที่มีไขมันเนื่องจากเกิด MA และอนุพันธ์ของมัน และจากปฏิกิริยาของ MA และ TBA ใช้วัดกลิ่นหืนได้ โดยกำหนดความหมายของค่า TBA ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของ MA ต่อสาร (อาหาร) หนัก 1,000 กรัม วิธีทดลองนี้จะไว (sensitive) ต่อ MA ที่เข้มข้น 10^{-8} โมล (mole) ในสารละลาย 100 มิลลิกรัม โดยมีแฟคเตอร์ที่มีอิทธิพลคือ ระยะเวลาทำปฏิกิริยา, ช่วงคลื่นเฉพาะของปฏิกิริยาและ total recovery

ทาร์แลดจิส และคณะ (Tarladgis et al, 1960 · 44 - 48) แห่งมหาวิทยาลัย มล รัฐฟลอริดาและสถาบันกองทุนเนื้อสัตว์อเมริกัน, ชิคาโค, อิลลินอยส์ ทำการวิเคราะห์ปริมาณมาโลนาลดีไฮด์ (MA) ในอาหารที่มีกลิ่นหืนโดยวิธีกลั่น แล้วนำสารที่กลั่นได้มาทำปฏิกิริยากับสาร TBA อุ่นให้ร้อน วัดปริมาณดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 538 มิลลิไมครอน (mμ) ผลปรากฏว่าวิธีนี้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของทูเนอร์ (วัดที่ช่วงคลื่น 534 mμ) และซินฮูเบอร์ และยู (วัดที่ช่วงคลื่น 535 mμ) นับว่าเป็นวิธีที่ปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่า คือมีความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBA กับอาหารที่มีกลิ่นหืนสูง

ทาร์แลดจิส และคณะ (Tarladgis et el, 1962 : 34 - 39) ได้ทดลองหาปฏิกิริยาข้างเคียง (side reaction) จากการวิเคราะห์ปริมาณอาหารกลิ่นหืนโดยใช้สาร TBA ในตัวทำละลายต่างๆ คือน้ำ ,90% Glacial

acetic acid, 12% Hydrochloric acid และ 20% Trichloroacetic acid โดยใช้เทคนิค Column Chromatography, Paper Chromatography, UV Spectra, Infrared Spectra วิเคราะห์โครงสร้างของ TBA พบว่าโครงสร้างของ TBA จะเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้กรดชนิดต่างๆ และระยะเวลาที่ต่างกันออกไป

ยู และ ซินฮูเบอร์ (Yu and Sinnhuber, 1964 : 540 - 542) แห่งแผนกวิทยาศาสตร์การอาหารและเทคโนโลยี่มหาวิทยาลัยมลรัฐโอเรกอน ทำการศึกษาการใช้สาร TBA วัดปริมาณกลิ่นหืนให้กว้างขวางออกไปอีก โดยนำวิธีการของทูเนอร์ ทาร์แลดจิส ซินฮูเบอร์ และยู มาเปรียบเทียบกันโดยวัดการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 450 และ 532 mμ ปรากฏว่า การทำให้สารบริสุทธิ์ (purification) สำคัญมาก เพราะมิฉะนั้นจะเกิดปฏิกิริยาข้างเคียง (side reaction) ซึ่งจะดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นเดียวกันกับ TBA - MA complex และที่ช่วง 450 mμ ด้วย

โพห์เล และคณะ (Pohle et al, 1964 · 649 - 650) แห่งศูนย์การพัฒนาและการวิจัย ซิคาโก, อิลลินอยส์ ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peroxide value (PV) และ TBA value ในการเกิดกลิ่นที่ไม่ปรารถนาโดยเฉพาะในไขมัน (Undesirable Flavor Characteristic in Fats) โดยทำการทดลองเติมและไม่เติม monoglyceride ลงในไขมัน และกำหนดคะแนนของกลิ่น (flavor score) หาความสัมพันธ์กับ PV และ TBA ปรากฏว่าไม่สามารถใช้คะแนนเป็นดัชนีบอกค่า PV และ TBA ได้

ยู และซินฮูเบอร์ (Yu and Sinnhuber, 1967 : 256 - 8) แห่งแผนกวิทยาศาสตร์การอาหารและเทคโนโลยี่ โอเรกอน ทำการปรับปรุงวิธีการใช้ TBA วัดออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นเอง ในน้ำมันของปลาโดยการเติมตัวป้องกันออกซิเดชั่น (Antioxidants) ในขบวนการ TBA เพื่อปรับปรุงให้วิธีการ TBA เหมาะสมกับงานประจำ (routine work) สำหรับไขมันและปลาอื่นๆ ทั้งนี้เพราะการเกิดออกซิเดชั่นในอากาศของไขมันพบว่าให้ผลที่ผิดไปได้

(misleading results) จึงต้องควบคุมการเกิดออกซิเดชั่นด้วย Antioxidants

สำหรับในประเทศไทยที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ มีการทดลองดังนี้

โคแวคส์ และคนอื่นๆ (Kovacs and others, 1970 - 13 หน้า) ทำการทดลองบรรจุปลาทูในถุง Cellophane - saran laminated และฉายรังสีขนาด 0.1, 0.2, 0.3 และ 1.0 ล้านแรด (Mrad) โดยทดลองวัดความสดของปลาทูฉายรังสีโดยใช้ organoleptic test นับจำนวนบักเตรี และวัดปริมาณ trimethylamine ด้วย Spectrophotometer ผลปรากฏว่าขนาดรังสี 1 ล้านแรด เป็นจำนวนสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับปลาทู และสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 71 วัน โดยยังคงใช้ได้ดีเมื่อเทียบกับปลาไม่ฉายรังสี ซึ่งเก็บไว้เพียง 14 วันก็ใช้ไม่ได้ และจำนวน Trimethylamine ในปลาไม่ฉายรังสีที่เก็บไว้ 15 วัน สูงกว่าปลาฉายรังสี 10 เท่า และเมื่อเก็บไว้ 51 และ 79 วัน จะสูงเป็น 13 เท่าของปลาฉายรังสี ยกเว้นที่ 0.1 ล้านแรด

ไพศาล เลาหัเรณู และคนอื่นๆ (ไพศาล เลาหัเรณู และคนอื่นๆ, 1970 : 23 หน้า) ทำการศึกษาเรื่องอายุการเก็บปลาทูนึ่งโดยการฉายรังสีด้วยวิธีการบรรจุในถุงพลาสติคและฉายรังสีที่ 0, 0.1, 0.2 และ 0.3 ล้านแรด เก็บ ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 27° ซ.) โดยทดลองเป็นระยะทุก 1, 3, 4, 7, 9, 11 และ 13 วัน ผลปรากฏว่าปลาทูนึ่งไม่ฉายรังสีเก็บได้นานกว่า 2 วัน แต่ไม่ถึง 3 วัน โดยมีกลิ่นและรสที่ผู้ทดสอบไม่รังเกียจ ส่วนปลาทูนึ่งฉายรังสี 0.2 และ 0.3 ล้านแรด สามารถเก็บได้นานถึง 8 และ 11 วัน ตามลำดับ หรือเป็น 2 - 3 เท่าของปลาทูนึ่งไม่ฉายรังสี และปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen ใช้เป็นดัชนีได้ดีเกี่ยวกับการวัดความสดของปลาทูนึ่งฉายรังสีทุกขนาดที่ทำการทดลอง

ในปี 1971 ได้ศึกษาผลของการฉายรังสีในการยืดอายุการเก็บปลาทูนึ่งเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี, จำนวนบักเตรี และด้านกลิ่นรส ผลปรากฏว่าปลาทูนึ่งฉายรังสีที่ 0.1, 0.2 และ 0.3 ล้านแรด ยังคงมีคุณภาพดีเมื่อเก็บไว้ 10, 15 และ

17 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาไม่ฉายรังสีที่เก็บไว้ 3 วัน

และในปี 1972 ได้ศึกษาการถนอมเนื้อปูด้วยการฉายรังสีแกมม่า โดยบรรจุเนื้อปูในถุงโพลีเอทไทลีน ฉายรังสีขนาด 0, 0.075, 0.15 และ 0.25 ล้านแรด เก็บ ณ อุณหภูมิ 3° ซ. นำออกทำการวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ ปรากฏว่าเนื้อปูไม่ฉายรังสีเก็บไว้ได้ 7 วัน ส่วนปูที่ฉายรังสีขนาด 0.075, 0.15 หรือ 0.25 ล้านแรด เก็บไว้ได้ 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ

บุญเลิศ ศรีสารา (บุญเลิศ ศรีสารา, 1972 : 20 หน้า) ได้ทำการศึกษาการฉายรังสีปลาป่นเพื่อกำจัด Salmonellae และ Arizonae โดยเก็บตัวอย่างปลาป่น 47 ตัวอย่างๆละ 2 กิโลกรัม บรรจุถุงพลาสติคแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 3° ซ. ทำการวิเคราะห์ทางเคมี บักเตรี และขนาดปริมาณรังสีที่เหมาะเพื่อกำจัด Salmonellae และ Arizonae ผลปรากฏว่า ปลาป่นที่ผลิตในประเทศไทยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 36.55 ไขมันร้อยละ 4.47 และความชื้นร้อยละ 7.80 ปลาป่นไม่ฉายรังสีมีจุลอินทรีย์ 6.88×10^6 ต่อกรัม Coliform 4.37×10^2 ต่อกรัม E. Coli 9.16 ต่อกรัม และ Enterobacter cloacae type II & VI 2.23×10^2 ต่อกรัม และปริมาณรังสีที่ทำลาย Salmonellae และ Arizonae ในปลาป่นได้หมด คือ 0.5 ล้านแรด

จากรายงานการวิจัยที่กล่าวมา จะเห็นว่าวิธีที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณกลิ่นหืนที่ให้ผลดีพอสมควร คือการใช้ค่า TBA และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าจะเชื่อถือได้ จึงทำการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีหาค่า Peroxide Value ด้วย

บทที่ 2

ทฤษฎี

อาหารทะเลจะถูกออกซิไดส์ได้รวดเร็วและเกิดปฏิกิริยาซับซ้อนมากกว่าอาหารชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เพราะมีกรดไขมันชนิดต่างๆ ที่มีความไม่อิ่มตัวสูงกว่าและมีปริมาณมากกว่าด้วย (Olcott, 1962 : 173) ในไขมันของปลาทั่วไปประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวของ C_{20}, C_{22}, C_{24} และอนุพันธ์ ไขมันของปลาทะเลจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวของ C_{18}, C_{20} และ C_{22} เป็นจำนวนมากกว่าในปลาน้ำจืดและพืชต่างๆ (Borgstrom(ed), 1961 : 212) โดยเฉพาะกรดโอเลอิก (Oleic acid, $C_{18}H_{34}O_2$) เช่นการเปรียบเทียบจำนวน double bond ในองค์ประกอบรอยส่วนของน้ำมันปลา เมนฮาเดน (Menhaden oil) มี double bond อย่างน้อย 23 double bonds ส่วนน้ำมันถั่วเหลือง (Soy bean oil) มีเพียง 3 double bonds เท่านั้น (Olcott, loc. cit.)

โดยปกติไขมันของปลาจะถูกออกซิไดส์ที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ซึ่งทำให้ไขมันมีกลิ่นและรสไม่น่าบริโภคคือ เกิดกลิ่นหืนขึ้น การเกิดออกซิเดชั่นเช่นนี้เรียกว่า "Autoxidation" (Borgstrom(ed), op cit, p 234) ซึ่งเกิดขึ้นเป็น 2 ระยะๆแรกเรียกว่า "induction period" เป็นระยะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมตัวกับออกซิเจนอย่างช้าๆ ระยะที่สอง เป็นระยะที่ไขมันรวมตัวกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วและระยะหลังนี้เป็นระยะที่ไขมันเริ่มมีกลิ่นหืน ปฏิกิริยาการรวมตัวระหว่างไขมันกับออกซิเจนจะดำเนินไปเรื่อยๆ จนถึงระยะเวลาหนึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงซึ่งขึ้นกับองค์ประกอบอื่นๆ ที่มากระทบกระเทือน (Meyer, 1966 : 32)

ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันจะถูกเร่งให้เกิดเร็วขึ้นโดยตัวเร่งต่างๆ เช่น อุณหภูมิสูง แสง (UV และ blue) อนุภาคหรือรังสีบางชนิด (α, β γ, X) Peroxides (รวมทั้ง Oxidized fats) โลหะบางชนิด (Cu, Fe) เป็นต้น และปฏิกิริยาจะถูกหน่วงเหนี่ยวได้โดยการเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ

การลวกน้ำร้อน,เติมตัวป้องกันออกซิเดชั่น (antioxidants) และตัวจับโลหะบางชนิด (metal deactivators) เป็นต้น (Lea, 1962 : 13)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ใช้ศึกษากลไก (mechanism) การเกิดปฏิกิริยา คือกรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก ซึ่งมีอยู่ในอาหารทะเล และปลาทะเล จากการศึกษาพบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระยะแรก (induction period) จะให้ผลิตผลขั้นต้น (primary product) คือไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งกลไกการเกิดดังนี้

1. $R - CH = CH - \underset{\overset{\downarrow -H^{\bullet}}{}}{CH_2} - CH = CH - R$

2. $R - CH = CH - \dot{C}H - CH = CH - R$
3. $R - \dot{C}H - CH = CH - CH = CH - R$
4. $R - CH = CH - CH = CH - \dot{C}H - R$

resonances ทั้งสามที่เป็นไปได้ของ free radical

$\downarrow +O_2$

5. $R - CH = CH - \underset{\underset{OO^{\bullet}}{|}}{CH} - CH = CH - R$
6. $R - \underset{\underset{OO^{\bullet}}{|}}{CH} - CH = CH - CH = CH - R$

โครงสร้างทั้งสามที่เป็นไปได้ของ peroxide radicals

7. $R - CH = CH - CH = CH - \underset{\underset{OO^{\bullet}}{|}}{CH} - R$

$\downarrow +H^{\bullet}$

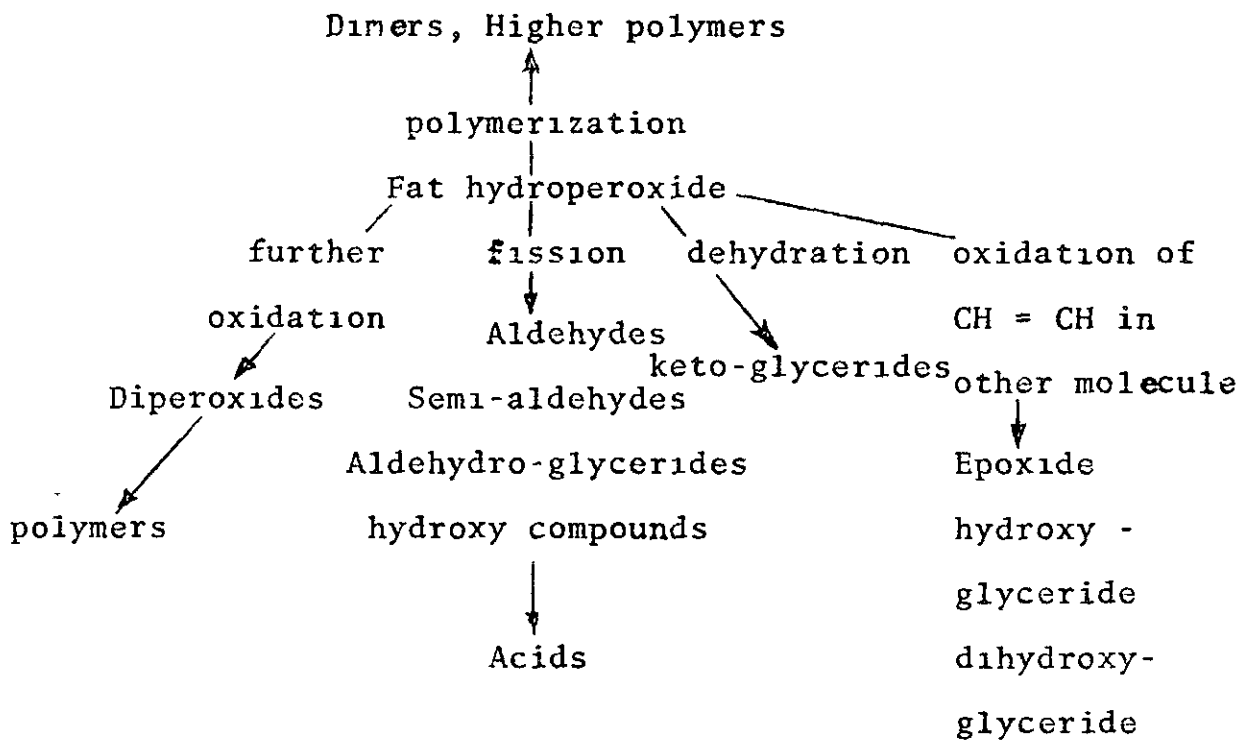
การรวมตัวกับไฮโดรเจนอะตอมที่แตกมาจากกรดลิโนเลอิกโมเลกุลอื่น

8. $R - CH = CH - \underset{\underset{OOH}{|}}{CH} - CH = CH - R$
9. $R - \underset{\underset{OOH}{|}}{CH} - CH = CH - CH = CH - R$
10. $R - CH = CH - CH = CH - \underset{\underset{OOH}{|}}{CH} - R$

โครงสร้างทั้งสามที่เป็นไปได้ของ hydroperoxides

ระยะที่สอง hydroperoxide ที่เกิดจากระยะแรกจะสลายตัวหรือทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้ทำให้ไขมันมีกลิ่นหืน (rancid oil or fat) และเกิดผลิตผล (secondary product) ที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ เช่น พวก aldehydes, acids, ketones -เป็นต้น และเกิดสารที่มีมวลโมเลกุลสูงๆ โดยเกิดเป็น polymer ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะขันเหนียว

การสลายตัวของ hydroperoxide อาจสรุปเป็นแผนภูมิดังนี้



(Lea, op.cit., P5)

พบว่า hydroperoxide ส่วนใหญ่จะสลายตัวดังนี้

$$R - CH(OOH) - R \longrightarrow R - \underset{\underset{O^{\cdot}}{|}}{CH} - R + OH^{\cdot} \qquad (1)$$

alkoxy และ hydroxy free radical ที่เกิดจากการสลายตัวนี้สามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้หลายอย่างด้วยกันคือ

1. เกิด chain fission

$$R - \underset{\underset{O^{\cdot}}{|}}{CH} - R \longrightarrow R^{\cdot} + R\,CH\,O \qquad [2]$$

chain fission จะเกิดที่ด้านใดด้านหนึ่งของ radical ให้ aldehyde และ alkyl radical ตัวใหม่

เป็นที่เชื่อแน่ว่า aldehyde ที่ระเหยได้ (volatile aldehyde) เป็นสารตัวแรกที่ทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะขึ้นในไขมันที่ถูกออกซิไดส์

2. $R - \underset{\underset{O\cdot}{|}}{CH} - R + R'H \longrightarrow R - CH\,OH - R + R'$ [3]

เป็นการดูด (abstract) ไฮโดรเจนอะตอมจากโมเลกุลอื่นแล้วได้แอลกอฮอล์ และ free radical ตัวใหม่

Free radical ที่เกิดขึ้นใน สมการ 2 และ 3 จะทำปฏิกิริยากับ hydroxy free radical ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในข้อ 1 ต่อไปคือ

$R - \underset{\underset{O\cdot}{|}}{CH} - R + R'\cdot \longrightarrow R - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - R + R'H$ [3ก]

$R - \underset{\underset{O\cdot}{|}}{CH} - R + R'O\cdot \longrightarrow R - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - R + R'OH$ [3ข]

ปฏิกิริยาใน [3] เป็น interaction ของ free radicals 2 ชนิด ซึ่งเป็นผลให้ปฏิกิริยาในข้อ 1 และ 2 สิ้นสุดลง (Keeney, 1962 : 79 - 80)

นอกจากนี้ไขมันยังเกิด autoxidation ขึ้น กล่าวคือ hydroperoxide หรือ peroxide radical ที่เกิดจากไขมันจะออกซิไดส์ไขมันเองที่ตำแหน่ง double bond แล้วเกิด epoxide ขึ้นดังนี้

$R\,OOH + -CH = CH- \longrightarrow -CH\underset{\diagdown\,O\,\diagup}{\ }CH- + R\,OH$

$R\,OO\cdot + -CH = CH- \longrightarrow -CH\underset{\diagdown\,O\,\diagup}{\ }CH- + R\,O\cdot$

(Ibid, pp.80 - 81)

การเกิด polymer เป็นปฏิกิริยาหลัก (major reaction) ที่เกิดขึ้นในไขมัน

$$-CH = CH- + HOO - R \longrightarrow -\dot{C}H - \dot{C}H - \overset{+}{O}H - OR \xrightarrow{\text{rearrange}}$$

$$-CH\ -CHOH-$$
$$|\quad\quad|$$
$$O\ -\ R$$

หรือเกิดได้โดยการรวมตัวโดยตรงของ alkoxy และ alkyl free radicals (Ibid.)

วิธีการทางเคมีที่ใช้ทดสอบหาปริมาณกลิ่นหืนโดยทั่วไปมีหลายวิธี เช่น

1. Peroxide value (PV)
2. Determination of carbonyl
3. Active oxygen determination
4. Thiobarbituric acid test (TBA)
5. Schaal oven test (Meyer, 1966 · 38 - 39)

สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เลือกใช้วิธี Peroxide value คือหาปริมาณของ hydroperoxide ที่เกิดขึ้นอันถือว่าเป็น primary product และใช้วิธี Thiobarbituric acid test คือทดสอบหาปริมาณของ malonaldehyde อันเป็น secondary product ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ hydroperoxide

Peroxide value

เป็นการตรวจสอบปริมาณของ hydroperoxide ที่เกิดจากไขมันในอาหารถูกออกซิไดส์ ปริมาณของ hydroperoxide หาได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไอโอไดด์อิออน (I^-) และเกิดเป็นไอโอดีนอิสระ (hydroperoxide เกิดปฏิกิริยาทำนองเดียวกับ hydrogen peroxide) ดังสมการ

$$H_2O_2 + 2\,KI \longrightarrow I_2 + 2\,KOH$$

ปริมาณของไอโอดีนที่ถูกปล่อยออกมาเป็นอิสระนี้ สามารถหาได้โดยการไตเตรท

(titration) ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดี่ยมไทโอซัลเฟตโดยใช้น้ำแป้ง เป็นอินดิเกเตอร์ ดังสมการ

$$2\ Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2\ NaI + Na_2\ S_4O_6$$

ดังนั้นจึงกำหนดให้ peroxide value มีค่าเท่ากับจำนวน milliequivalent ของ peroxide ต่อสารตัวอย่าง 1,000 กรัม

Wheeler ได้ทำการตรวจสอบและกำหนดค่า peroxide value ในปลา mackerel เปรียบเทียบกับการตรวจสอบด้าน organoleptic ไว้ดังนี้

ไม่มีกลิ่นหืน	0.0 - 0.6
มีกลิ่นหืนเล็กน้อย	0 - 21.4
มีกลิ่นหืน	18.4 - 36.5
มีกลิ่นหืนมาก	33 - 201

(Jacobs, 1958 . 844)

Thiobarbituric acid test (TBA)

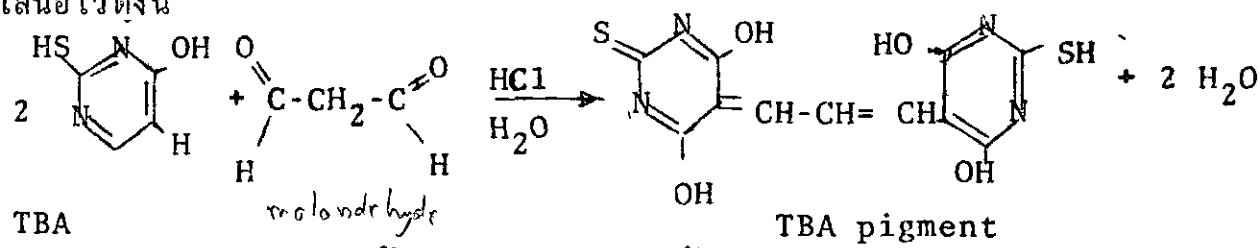
การทดสอบโดย TBA นี้มีลักษณะเฉพาะที่สามารถใช้วัดกลิ่นหืนของวัตถุหรืออาหารได้โดยตรงโดยไม่ต้องสะกัดไขมันออกมา และยังสามารถเปรียบเทียบได้แน่นอนกับ polyunsaturated fatty acids ซึ่งทำให้เป็นประโยชน์โดยเฉพาะกับอาหารที่มีปริมาณไขมันสูง ซึ่งอยู่ในรูปของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Lea, 1962 : 8)

โดยหลักการนี้ไขมันที่มีกลิ่นหืนจะทำปฏิกิริยากับ 2 - Thiobarbituric acid (TBA) ให้สารสีแดงซึ่งความเข้มของสีจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกลิ่นหืน และพบว่าสารที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนที่ทำปฏิกิริยากับ TBA นี้คือ malonaldehyde, $CH_2(CHO)_2$ (Meyer, 1966 : 39) ปฏิกิริยาที่เกิดเป็น condensation ระหว่าง TBA 2 โมเลกุลกับ malonaldehyde 1 โมเลกุล ถึงกลไกการเกิด malonaldehyde จาก autoxidation ของไขมันยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน (Lea, loc cit) อย่างไรก็ตาม

THE LIBRARY
COLLEGE OF EDUCATION
BANGKOK. THAILAND

Kwon (Kwon, 1963 · 627) สามารถตรวจสอบโดย Ultraviolet Spectrophotometry ได้ว่า malonaldehyde เกิดใน aqueous solution เป็นส่วนใหญ่และเกิดในรูป enolic, β - hydroxy acrolein (CHOH = CH CHO)

สำหรับปฏิกิริยาระหว่าง TBA และ malonaldehyde ให้สารสีแดงนั้น Sinnhuber and Yu (Sinnhuber and Yu, 1958 : 632) ได้เสนอไว้ดังนี้



TBA malonaldehyde TBA pigment

TBA pigment นี้จากการคำนวณจะมีน้ำหนักโมเลกุล 324.35 และ empirical formula เป็น $C_{11} H_8 N_4 O_4 S_2$ (Ibid, p 629)

จากวิธีดังกล่าวนี้ Sinnhuber and Yu จึงกำหนดให้ค่า TBA number มีค่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อสารตัวอย่าง 1,000 กรัม ค่า TBA number ที่เขากำหนดขึ้นนี้จะสอดคล้องกับกลิ่นหืนดังตัวอย่างที่เขาได้ทดลองดังนี้

ปลากระป๋องและปลาแช่เย็นคุณภาพดีมีค่า TBA number น้อยกว่า 3 ส่วนที่คุณภาพไม่ดีมี ค่า 4 - 27

ปลาป่นที่เตรียมใหม่ๆ มีค่า TBA number 21 ส่วนที่คุณภาพไม่ดีมีค่า TBA number ประมาณ 300

สำหรับไขมันของปลาแซลมอน (Salmon) มีค่า TBA number 14 ในกรณีที่คุณภาพไม่ดีมีค่าถึง 300

49475

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ดำเนินการทดลอง เป็น 3 ขั้นดังนี้

1. การสุ่มกลุ่มตัวอย่างปลาและการฉายรังสี
2. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันและขี้เถ้า
3. การวิเคราะห์หาปริมาณกลิ่นหืน

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การสุ่มกลุ่มตัวอย่างปลาและการฉายรังสี

1.1 สุ่มกลุ่มตัวอย่างปลาทูสดนำมาทำเค็มโดยแช่น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นของโซเดี่ยมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 25 แช่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จึงนำขึ้นตากแดดให้มีความชื้นเหลือร้อยละ 20 - 25

1.2 นำกลุ่มตัวอย่างในข้อ 1.1 บรรจุถุงพลาสติกที่อุณหภูมิของห้อง ณ ความกดดันของบรรยากาศและสูญญากาศ โดยบรรจุถุงละ 5 ตัว

1.3 นำกลุ่มตัวอย่างในข้อ 1.2 แบ่งเป็น 4 ส่วนในปริมาณเท่ากันไปฉายรังสีที่ขนาด 0, 100, 200, และ 300 กิโลแรดซึ่งมีรายละเอียดในการฉายรังสีและเครื่องฉายรังสีดังนี้

การฉายรังสีปลาทูเค็มเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2516 ใช้เวลาดังนี้

ปลาทูเค็มฉายรังสี	100 กิโลแรดใช้เวลา	57 นาที 43.07 วินาที
ปลาทูเค็มฉายรังสี	200 กิโลแรดใช้เวลา 1 ชั่วโมง	55 นาที 26.14 วินาที
ปลาทูเค็มฉายรังสี	300 กิโลแรดใช้เวลา 2 ชั่วโมง	53 นาที 9.21 วินาที

โดยกางท่อทางเดินเต็มที่คือ 32.5 นิ้ว

สำหรับเครื่องฉายรังสีที่ใช้ครั้งนี้อยู่ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ประเทศไทย เป็นเครื่อง Gammabeam 650 - type IR 31 ซึ่งมีความแรงเริ่มต้นเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2513 เท่ากับ 31670 คูรี (± 5%)

ต้นกำเนิดรังสีใช้ธาตุโคบอลท์-60 (Cobolt--60) มีลักษณะเป็นเม็ด (pellet) มีทั้งหมด 60 เม็ดแต่ละเม็ดหุ้มด้วยเหล็กกล้า 2 ชั้น

จากต้นกำเนิดรังสีมีท่อทางเดิน 12 ท่อ ในการทำงานขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีด้วยระบบลม (pneumatic system) ผ่านมาตามท่อทั้ง 12 ท่อ โดยแต่ละท่อมีเม็ดโคบอลท์ -60 อยู่ 5 เม็ด ท่อทางเดินของต้นกำเนิดรังสีทั้ง 12 ท่อนี้วางเรียงตามแนวตั้งเป็นรูปวงกลม สามารถปรับเส้นผ่าศูนย์กลางให้หุบเข้าหรือกางออกได้ตั้งแต่ 4.5 นิ้ว (11.43 เซนติเมตร) ถึง 32.5 นิ้ว (82.55 เซนติเมตร) และสามารถเลือกใช้ต้นกำเนิดรังสีท่อไหนก็ได้และมีอยู่ 2 ท่อที่สามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระถ้าดึงสลักออกเพื่อเปิดเป็นทางให้นำของเข้าไปฉาย

ตัวเครื่องรังสีวางอยู่กึ่งกลางห้องห่างจากผนังตึก (ซึ่งทำด้วยคอนกรีตหนา 1.50 เมตร) ประมาณ 2.5 เมตร มีระบบตรวจสอบระดับรังสีภายในห้องฉายรังสีก่อนที่จะเปิดประตูเข้าไปปฏิบัติงาน

ขณะที่ต้นกำเนิดรังสีทำงานหมดทุกท่อ ระดับรังสีภายนอกตัวอาคารมีค่าระหว่าง 5 - 30 เรนท์เกน ต่อชั่วโมง ซึ่งถือว่าปลอดภัย (ดูภาพประกอบรูปที่ 1,2)

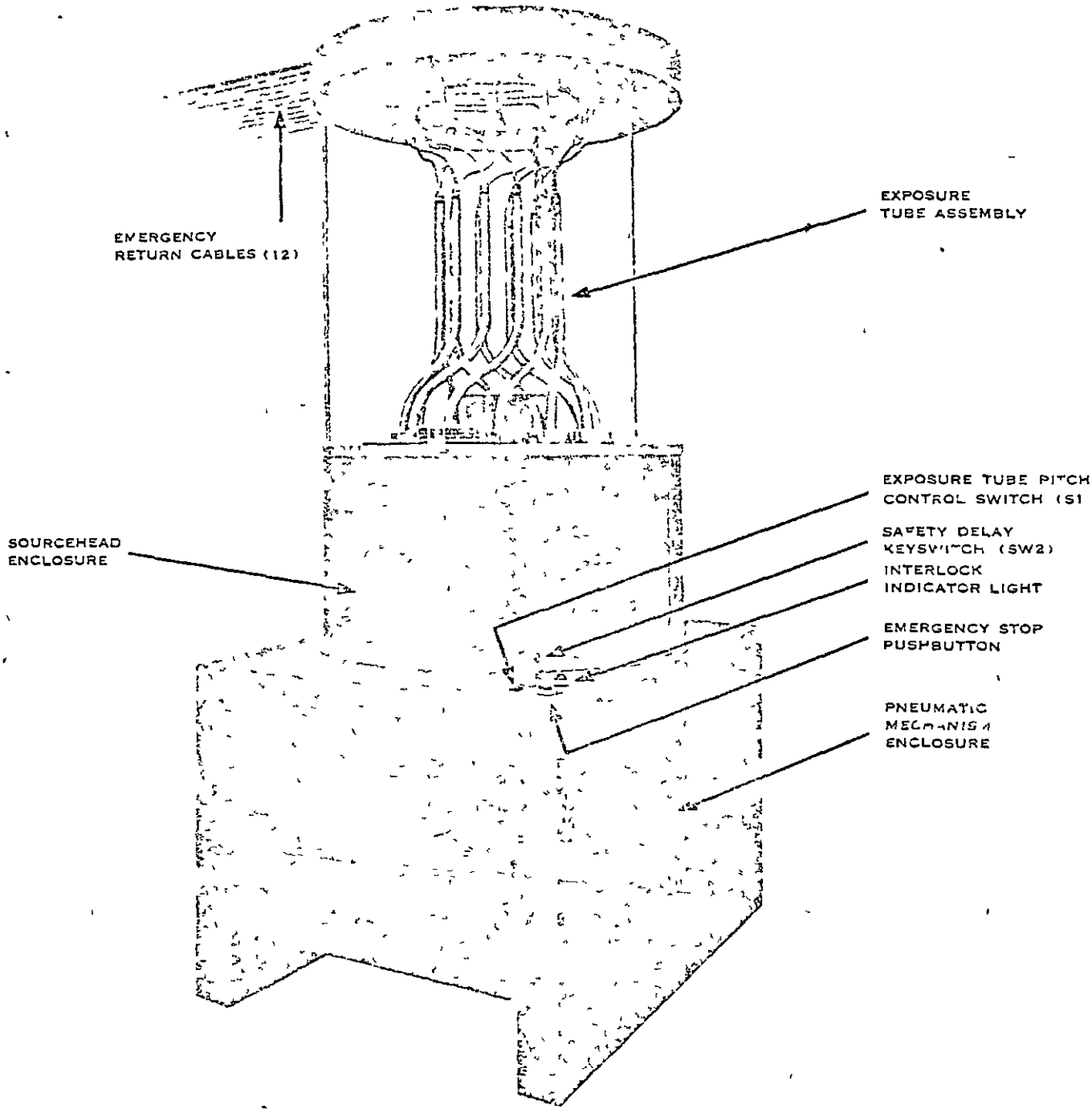
2. <u>การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และขี้เถ้า</u>

การวิเคราะห์ปริมาณทั้ง 4 ชนิดนี้ใช้เฉพาะปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติกที่อุณหภูมิของห้อง ณ ความกดดันของบรรยากาศซึ่งฉายรังสี 4 ขนาด โดยเริ่มทำการวิเคราะห์ครั้งที่หนึ่งภายหลังการฉายรังสีเสร็จใหม่ๆต่อจากนั้นทำการวิเคราะห์ทุกๆระยะ 1 เดือน การหาปริมาณความชื้นคิดจากน้ำหนักปลาทั้งตัว แล้วนำส่วนที่กินได้มาบดให้ละเอียดเพื่อหาปริมาณโปรตีน ไขมัน และขี้เถ้าต่อไป

2.1 <u>การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น</u>

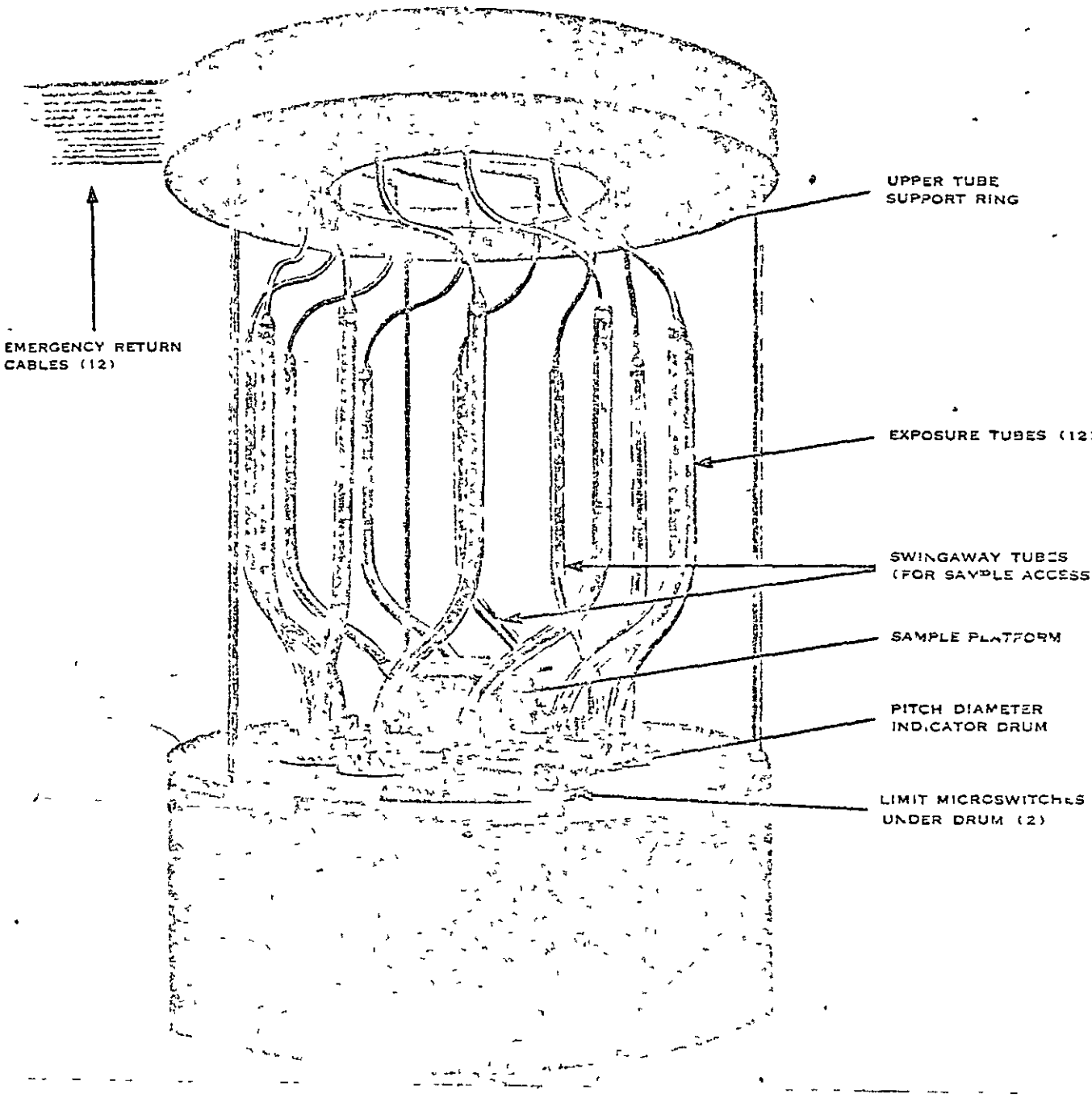
2.1.1. ใช้วิธีการของ Jacobs (Jacobs, 1958 : 659) โดยนำปลาที่ฉายรังสี 0, 100, 200 และ 300 กิโลแรดมาขนาดละ 3 ตัว ชั่งน้ำหนักแต่ละตัว

2.1.2. นำปลาในข้อ 2.1.1. ไปอบในตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิให้ไม่เกิน 80° ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งแล้วอบต่อ และนำมาชั่งอีกจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ที่ทศนิยม 3 ตำแหน่ง



ภาพประกอบที่ 1

ภาพแสดง เครื่อง Gamma bean 650 - type IR 31



ภาพประกอบที่ 2

ภาพแสดงท่อทาง เดินของต้นกำเนิดรังสี 12 ท่อ

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

ใช้วิธีปรับปรุงจาก A.O.A.C. คือ Micro Kjeldahl-Nessler Method โดยดำเนินการดังนี้

2.2.1 ชั่งปลาให้ทราบน้ำหนักแน่นอน 0.1 กรัม แล้วใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติมปรอทออกไซด์ (HgO) 0.2 กรัม โปแตสเซี่ยมซัลเฟต (K_2SO_4) 0.5 กรัมและกรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4 Conc.) 8 มล. นำไปอุ่นจนกระทั่งสารละลายใส (ประมาณ 2 ชั่วโมง) จึงอุ่นต่ออีก 20 - 30 นาที ยกลงตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจึงค่อยๆ เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 100 มล.

2.2.2.ดูดสารละลายมา 2 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มล. เติมสารละลาย gum-ghatti -NaOH ประมาณ 45 มล. และ Nessler's reagent 1 มล. แล้วเติมสารละลาย gum - ghatti-NaOH จนปริมาตรครบ 50 มล. ทิ้งไว้ 20 นาที

2.2.3 นำสารละลายมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 420 mμ ด้วยเครื่อง Spectronic 20 (Bausch & Lomb Spectronic 20 Colorimeter) (ดูภาพประกอบที่ 3) โดยใช้น้ำเป็น blank

2.2.4 ค่าดูดกลืนแสงที่อ่านได้นำมาอ่านปริมาณไนโตรเจนจาก Standard Curve ของไนโตรเจน (ดูกราฟ Standard Curve ไนโตรเจน, ภาพประกอบที่ 4)

ปริมาณไนโตรเจนที่อ่านได้จาก Standard Curve คูณด้วยจำนวน 6.25 จะเปลี่ยนเป็นปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในปลาส่วนที่กินได้ (Jacobs, 1958 . 660)

วิธีหาปริมาณโปรตีนดังกล่าวนี้เป็นการใช้กรดไปย่อย (digest) เนื้อปลาซึ่งเป็นสารอินทรีย์ (organic compound) ไนโตรเจนในสารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ คือในรูปของแอมโมเนียแล้วเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ ต่อไป การย่อยนี้ใช้ HgO และ K_2SO_4 เป็นตัวเร่งในการออกซิเดชั่นและช่วยทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อใช้เวลาในการย่อยน้อยลง ในการย่อยนี้จะเกิดกาซ CO_2 และ SO_2 ซึ่งระเหยออกไป

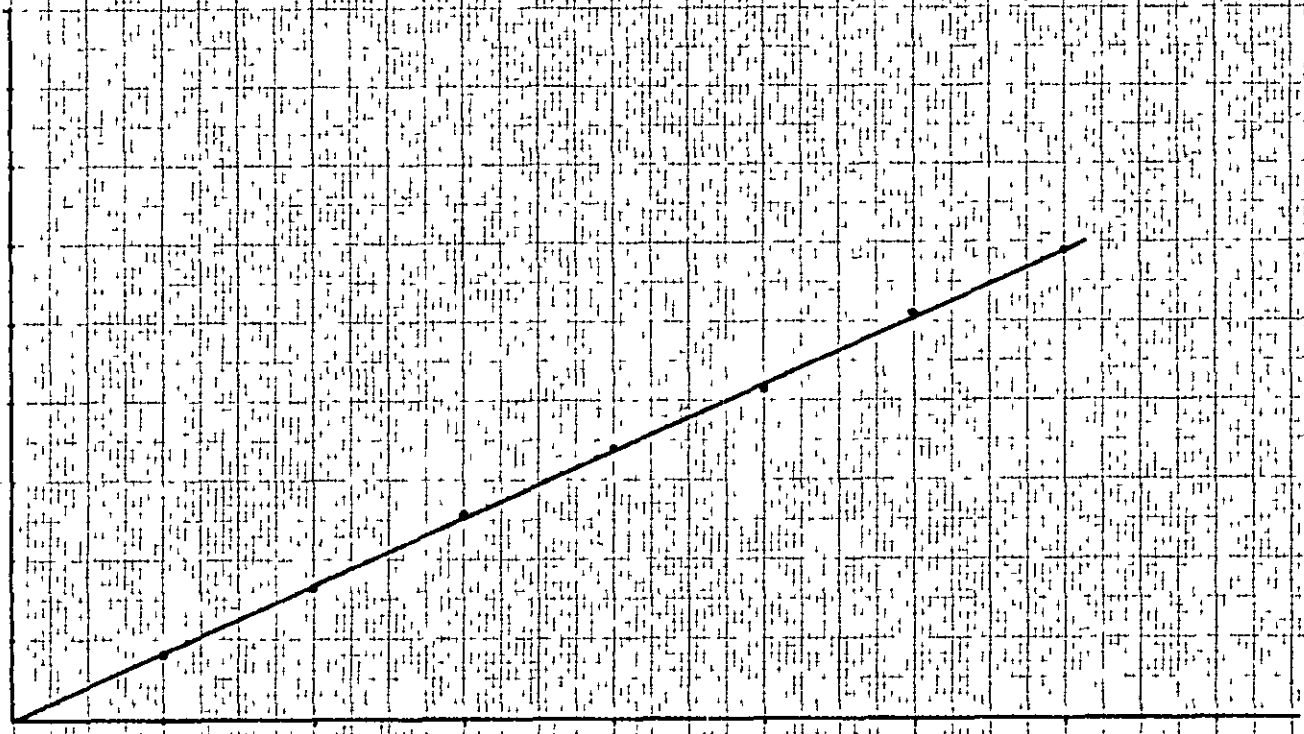
ภาพประกอบที่ 3

เครื่อง Spectronic 20 (Bausch and Lomb Spectronic 20 Colorimeter)

ภาพประกอบที่ 4

Standard Curve ของไนโตรเจน

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับปริมาณไนโตรเจนมาตรฐาน



ดังสมการ

Organic compound $+H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + H_2O + (NH_4)_2SO_4 + SO_2$

(Meyer, 1968 : 131)

สำหรับการหาปริมาณแอมโมเนีย ให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ Nessler's reagent โดยตรงแล้ววัดปริมาณด้วย Colorimeter

$2\ K_2\ Hg\ I_4 + NH_3 + KOH \longrightarrow NH_2\ Hg_2\ I_3 + 5KI + H_2O$

(Meyer, 1968 : 132)

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

ใช้เครื่อง Soxhlet Continuous Extraction Apparatus (ดูภาพประกอบที่ 5) ในการสะกัดไขมันออกจากเนื้อปลาด้วยตัวทำละลาย petroleum ether ดังนี้

2.3.1 ชั่งปลาให้ทราบน้ำหนักแน่นอนระหว่าง 5 - 10 กรัมใส่ใน thimble ปิดด้วยใยแก้ว วาง thimble ลงใน soxhlet extractor เท petroleum ether ลงไปประมาณ 250 มล. จัดเครื่องให้เรียบร้อย เปิดไฟใช้อุณหภูมิประมาณ 40° ซ.

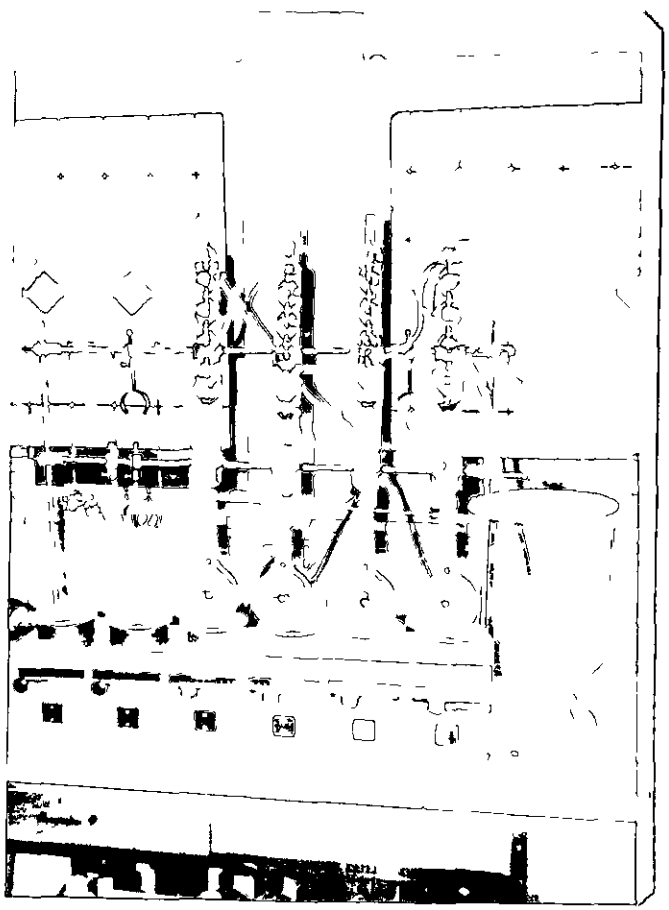
2.3.2 เมื่อร้อน petroleum ether ระเหยขึ้นไป แต่เมื่อกระทบความเย็นจากเครื่องควบแน่น (condenser) ก็จะกลั่นตัวกลับลงมาผ่าน thimble พาไขมันตกกลับลงมายัง flask

2.3.3. ใช้เวลาประมาณ 3 - 4 ชั่วโมงจน petroleum ether ใส เท petroleum ether (ที่มีไขมันละลายอยู่) ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มล. นำไประเหยบน water bath จนแห้งนำไปอบที่อุณหภูมิ 110° ซ. เพื่อให้ petroleum ether ระเหยหมด (ใช้เวลาอบ 1 - 2 ชั่วโมง) นำออกใส่ใน dessicator เพื่อดูดความชื้นให้หมดไปอีกครั้ง จึงชั่งและคำนวณหาปริมาณไขมันต่อไป

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณขี้เถ้า

การหาขี้เถ้าในปลา โดยเผาปลาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 525° ซ. (Triebold and Aurand, 1963 : 374) ดังนี้

2.4.1 ชั่งปลาให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 5 กรัม ใส่ใน platinum



ภาพประกอบที่ 5

เครื่อง Soxhlet Continuous Extraction Apparatus

crucible แล้วเผาไล่ไขมันและความชื้นในเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 200° ซ. (Yamato Scientific Co., Ltd) จนเป็นถ่านสีดำใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

2.4.2 นำไปอบต่อใน muffle furnace (Gallenkamp) ที่อุณหภูมิ 525° ซ. จนเป็นเถ้าสีขาว แล้วนำออกชั่งทุกๆชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

3. การวิเคราะห์ปริมาณกลิ่นหืน

ใช้ปลาที่บรรจุถุงพลาสติคที่อุณหภูมิของห้อง ณ ความกดดันของบรรยากาศและสูญญากาศ ทำการวิเคราะห์ครั้งที่หนึ่งภายหลังการฉายรังสีขนาดต่างๆกันต่อจากนั้นทำการวิเคราะห์ทุกๆระยะ 2 สัปดาห์ดังนี้

3.1 การชิมรสและกลิ่นหืน

ให้นักวิทยาศาสตรที่ผ่านการอบรมในด้านการชิมปลา เป็นผู้ชิม พร้อมทั้งให้คะแนนตามแบบฟอร์ม (ดูภาคผนวก ข)

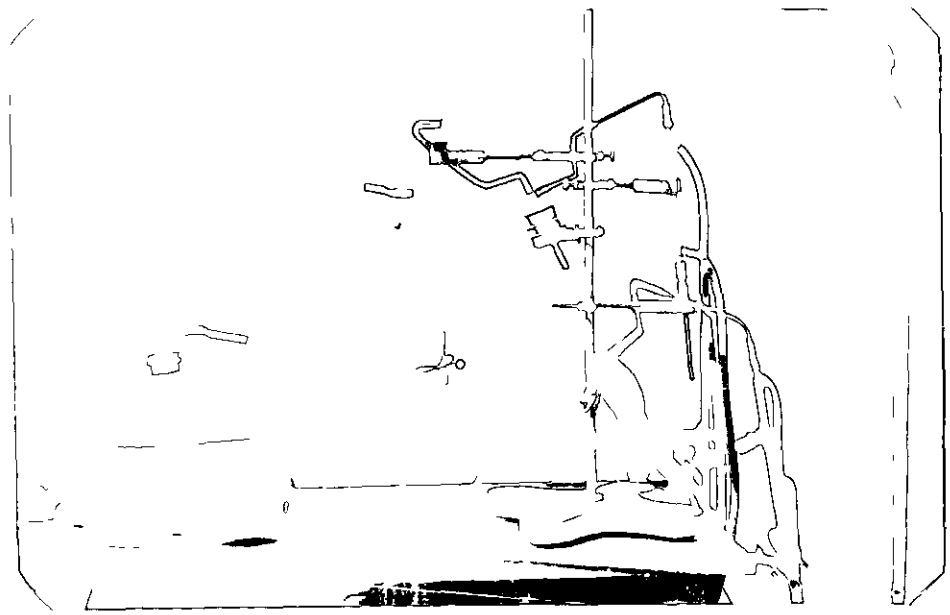
3.1.1 นำปลาที่ฉายรังสีแต่ละขนาดมาขนาดละ 2 ตัว ห่อด้วย aluminium foil อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 200° ซ. เป็นเวลา 20 - 25 นาที

3.1.2 แกะกระดาษออกหั่นปลาเป็นชิ้นเล็กๆใส่จานๆละขนาดโดยมีระหัสกำกับไว้ นำไปให้ผู้ทดลองชิม

3.2 TBA test

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่า TBA (TBA number) ซึ่งหมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของมาโลนาลดีไฮด์ (MA) ต่อสารตัวอย่าง 1000 กรัม ในการทดลองใช้วิธีกลั่น (Distillation) โดยปรับปรุงจากวิธีของ Tarladgis (Tarladgis et.al., 1960 : 45) ให้เหมาะสมกับเครื่องมือ Micro Kjeldahl Distillation (ดูภาพประกอบที่ 6)

3.2.1 บดปลาเฉพาะส่วนที่กินได้ให้ละเอียดชั่งมาประมาณ 0.5 กรัม ผสมน้ำกลั่น 10 มล. เทลงใน Kjeldahl flask เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 9.5 มล. สารละลายกรดเกลือ (HCl : H_2O = 1 : 2 by volume) 0.5 มล. หยด Dow antifoam A. เล็กน้อย จัดเครื่องมือ



ภาพประกอบที่ 6

เครื่อง Micro Kjeldahl Distillation

ให้เรียบร้อย เปิดไฟให้สูงสุดเพื่อกลั่น กรดเกลือจะสะกัดสาร MA ออกมา

3.2.2 รองรับสารที่กลั่นออกมา 25 มล. แล้วดูดมา 5 มล. ใส่ใน glass stoppered tube เติมสารละลาย TBA (0.02 M) 5 มล. เขย่าให้ผสมกันนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที และทำให้เย็น 10 นาที จะเกิด TBA pigment สีแดงขึ้น

3.2.3 เตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มล. ผสมกับสารละลาย TBA 5 มล. แล้วทำเช่นเดียวกับสารตัวอย่าง

3.2.4 นำสารในหัวข้อ 3.2.2 และ blank ไปอ่านค่าดูดกลืนแสง (absorbancy) ด้วย Spectrophotometer (Spectrophotometer QV-50, Shimadzu) (ดูภาพประกอบที่ 7) ที่ช่วงคลื่น 538 mμ slit vit 0.06 มม.

3.2.5 ค่าดูดกลืนแสงที่อ่านได้นี้ เมื่อคูณด้วยจำนวนคงที่คือค่า K (distillation)401.3จะเปลี่ยนเป็นค่า TBA number

ค่า K (distillation) คำนวณโดยเทียบจาก Standard Curve (ดูภาพประกอบที่ 8 Standard Curve MA) และใช้สูตรดังนี้

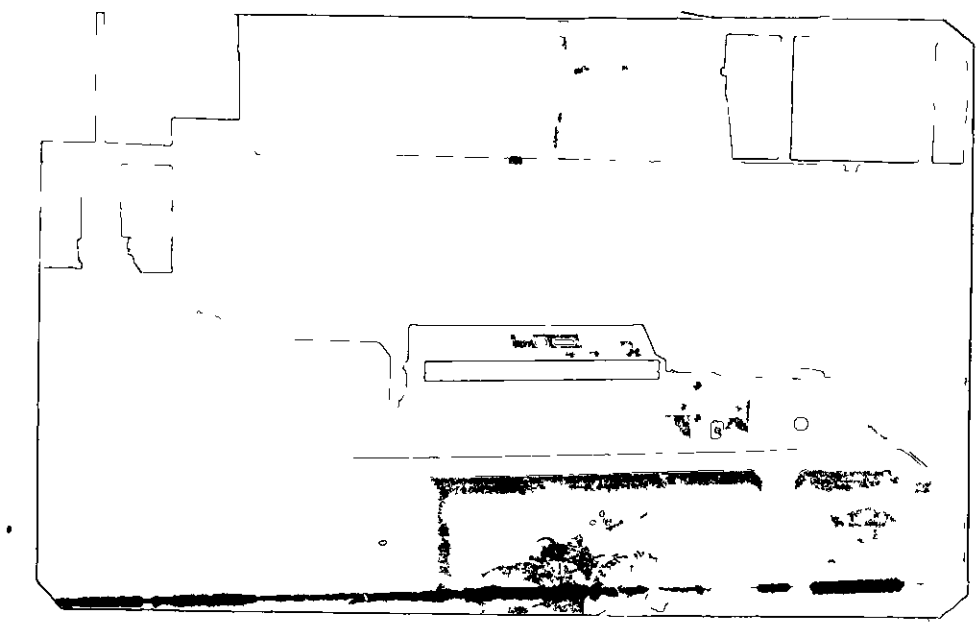
$$K\ (distillation) = \frac{conc.\ inmoles\ /5\ ml.\ of\ distillation}{optical\ density} \times mol.\ wt.\ of\ malonaldehyde \times \frac{10^7}{wt.\ of\ sample} \times \frac{1000}{\%recover}$$

3.3 Peroxide value (PV)

เป็นวิธีการทดสอบค่า peroxide โดยการหาจำนวน peroxide number ซึ่งหมายถึงจำนวน milliequivalent ของ peroxide ต่อสารตัวอย่าง 1000 กรัม

วิธีดำเนินการใช้วิธีของ A.O.C.S (A.O.C.S., 1972 : cd 8 - 53) ดังนี้

3.3.1 บดปลาเฉพาะส่วนที่กินได้ ชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่



ภาพประกอบที่ 7

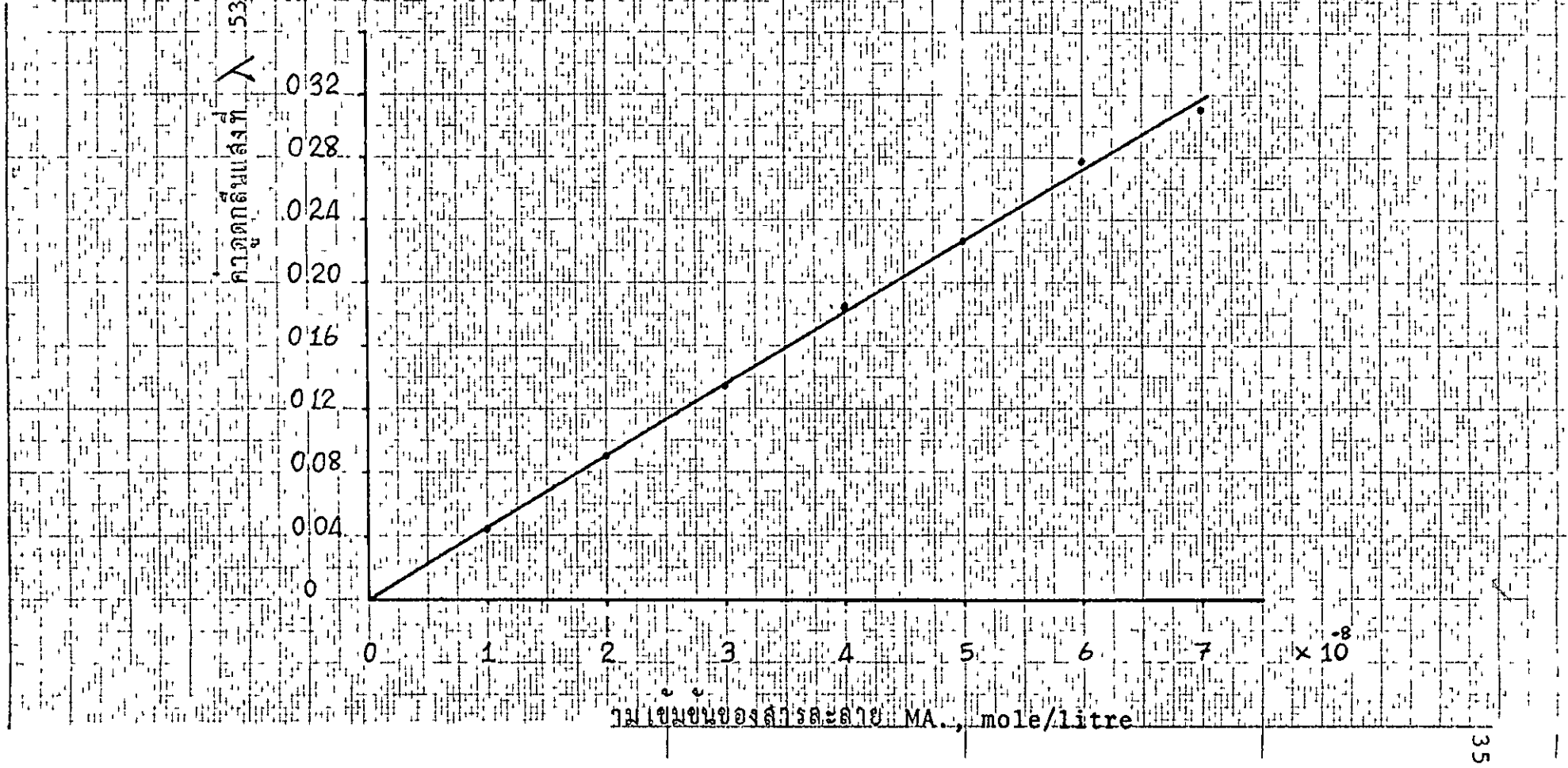
เครื่อง Spectrophotometer (Spectrophotometer QV-50, Shimadzu)

ภาพประกอบที่ 8

Standard Curve ของ Malonadehyde (MA.)

แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของ

สารละลาย MA. มาตรฐาน



erlenmeyer flask ขนาด 250 มล. เติมสารละลาย acetic - chloroform (3 : 2 by volume) 30 มล. เขย่าให้เนื้อปลาละลาย เติมสารละลายอิ่มตัวโปแตสเซี่ยมไอโอไดด์ (sat. KI) 0.5 มล. ตั้งทิ้งไว้ 1 นาที แล้วเติมน้ำกลั่น 30 มล.

ระยะนี้ปลาจะถูกออกซิไดส์และปล่อย I_2 ออกมาเป็นอิสระ

3.3.2 นำสารตัวอย่างในข้อ 3.3.1 มาไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดี่ยมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) 0.1N หรือ 0.01N จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลือง เป็นไม่มีสีจึง เติมน้ำแป้งลงไป 0.5 มล. สารละลายจะเป็นสีน้ำเงิน ไตเตรทต่อจนกระทั่งสีน้ำเงินของแป้งหายไป ซึ่งแสดงว่า $Na_2S_2O_3$ จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ I_2

3.3.3 ใช้น้ำเป็น blank ดำเนินการเช่นเดียวกับสารตัวอย่าง

3.3.4 ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่อ่านได้นำมาคำนวณหาค่า peroxide ดังนี้

$$PV = \frac{(S - B)(N)(1000)}{\text{wt. of sample}}$$

S = Titration volume of sample

B = Titration volume of blank

N = Normality of sodium thiosulfate solution

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณโดยคิดจากค่าราย เฉลี่ย (Mean) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดย Simple Randomized Design

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้น

สำหรับปลาทูเค็มฉายรังสีขนาด 0,100,200 และ 300 กิโลแรดในระยะเวลา 4 เดือน

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงไว้ในหน้า 38 และ 39

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ									
	0 เดือน		1 เดือน		2 เดือน		3 เดือน		4 เดือน	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2	X_3	X_3^2	X_4	X_4^2	X_5	X_5^2
0	23.54	554.13	25.11	630.51	22.74	519.84	21.91	480.03	20.91	437.16
100	25.80	658.73	24.64	607.12	24.24	587.57	21.42	458.81	22.02	484.88
200	24.14	582.11	23.71	562.16	21.89	478.73	24.20	585.64	21.10	445.21
300	24.02	576.96	24.22	586.60	20.26	410.46	22.21	493.28	20.76	430.97
ΣX_1	97.50		97.68		89.13		89.74		84.77	
ΣX_2	2381.03		2386.39		1995.60		2017.76		1798.22	
$(\Sigma X_1)^2$	9417.95		9441.31		7945.69		8050.92		7185.95	

1. G^2/nk = 10530.83

2. $\Sigma\Sigma X^2$ = 10579.89

3. $\dfrac{(\Sigma X_1)^2+(\Sigma X_2)^2+(\Sigma X_3)^2+(\Sigma X_4)^2+(\Sigma X_5)^2}{n}$ = 10510.47

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	3-1= 20.36	k-1 = 4	$SS_{/df}$=5.09	Ms_{t}/Ms_{error} =1.09
Experimental error	2-3= 69.42	nk-k = 15	$SS_{/df}$=4.64	
Total	2-1= 89.78	nk-1 = 19		

$F_{(0.1,df\ 4,\ 15)} = 4.89$

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

X = ค่ารายเฉลี่ย

G = $\Sigma\Sigma X$

n = จำนวนขนาดรังสี

k = ระยะเวลา

SS = Sum Square

df = Degree of Freedom

Ms = Mean Square

F = F - Ratio

ผลการทดลองปรากฏดังนี้

1.ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

ตาราง 1 ปริมาณความชื้นคิดจากน้ำหนักปลาทั้งตัว เทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
	0	1	2	3	4
0	23.54±3.49	25.11±4.02	22.79±4.04	21.91±1.28	20.91±1.26
100	25.86±2.31	24.64±3.33	24.24±1.52	21.42±2.14	22.02±1.75
200	24.14±1.53	23.71±2.66	21.89±1.59	24.20±1.28	21.10±2.12
300	24.02±2.17	24.22±1.81	20.26±0.50	22.21±1.61	20.76±1.55

รายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

จากตาราง 1 นำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างความชื้นในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ กันในระยะเวลาการเก็บ 4 เดือน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังนี้

ตาราง 2 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆ ในเวลา 4 เดือน

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	20.36	4	5.09	1.09
Experimental error	69.42	15	4.64	
Total	89.78	19		

$F_{(.01,\ df\ 4,\ 15)} = 4.89$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าความชื้นในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆและเก็บไว้เป็นเวลา 4 เดือนนั้นมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

ตาราง 3 ปริมาณโปรตีน คิดจากน้ำหนักปลาภายหลังอบห ความชื้น เทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
	0	1	2	3	4
0	61.64±1.88	59.76±3.27	59.11±4.55	60.73±1.73	60.04±3.39
100	62.69±1.31	62.27±3.16	61.62±6.55	60.92±1.56	57.69±5.84
200	64.00±7.56	60.60±1.99	62.06±3.13	62.62±1.21	61.08±7.59
300	64.59±2.79	63.51±1.32	59.36±7.63	60.51±1.00	60.42±1.38

รายเอียดและความเบี่ยง เบนมาตรฐานได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

จากตาราง 3 นำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างโปรตีนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ กันในระยะเวลาการเก็บ 4 เดือน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังนี้

ตาราง 4 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆในระยะเวลา 4 เดือน

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	23.21	4	5.80	3.15
Experimental error	27.62	15	1.84	
Total	50.83	19		

$F_{(.01,\ df\ 4,\ 15)} = 4.89$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่า โปรตีนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆและเก็บไว้เป็นระยะเวลา4 เดือนนั้น มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

ตาราง 5 ปริมาณไขมันคิดจากน้ำหนักปลาภายหลังจากย่างหาความชื้น เทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
	0	1	2	3	4
0	10.85±0.97	12.35±0.17	8.71±1.05	10.11±0.28	9.72±0.59
100	11.15±4.00	11.15±0.66	8.37±0.14	8.25±0.32	8.33±0.10
200	7.14±0.30	7.07±0.25	12.19±0.90	8.67±0.28	8.12±0.40
300	8.02±0.35	10.77±0.33	9.35±0.88	9.82±0.26	10.04±0.81

รายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

จากตาราง 5 นำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างไขมันในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ กันเป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังนี้

ตาราง 6 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลา 4 เดือน

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	4.11	4	1.02	0.39
Experimental error	38.44	15	2.56	
Total	42.55	19		

$F_{(.01,\ df\ 4,\ 15)} = 4.89$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าไขมันในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ กันและเก็บไว้เป็นระยะเวลา4เดือนนั้น มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณขี้เถ้า

ตาราง 7 ปริมาณขี้เถ้าคิดจากน้ำหนักปลาภายหลังอบหาความชื้นเทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
	0	1	2	3	4
0	18.44±0.95	19.31±0.20	20.72±2.75	20.85±0.40	19.20±1.49
100	23.96±1.18	19.00±1.43	22.16±0.36	20.33±0.95	18.99±1.23
200	24.88±0.65	19.83±0.55	17.72±2.08	20.67±1.22	19.02±0.87
300	21.36±0.14	19.63±0.20	19.21±0.14	20.30±0.61	17.82±0.07

รายเฉลี่ยและความ เบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

จากตาราง 7 นำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างขี้เถ้าในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ กันในระยะเวลาการเก็บ 4 เดือน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังนี้

ตาราง 8 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของขี้เถ้าในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆในระยะเวลา 4 เดือน

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	55.95	4	13.98	3.09
Experimental error	67.88	15	4.52	
Total	123.83	19		

$F_{(.01,\ df\ 4,\ 15)} = 4.89$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่า ขี้เถ้าในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆ และเก็บไว้เป็นระยะเวลา4 เดือนนั้น มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. ผลการวิเคราะห์หาคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืน

5.1 ผลการวิเคราะห์หาคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ

ตาราง 9 คะแนนการชิมรส และกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆ ณ ความดันของบรรยากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	1.33	1.77	2.00	1.88	1.22	2.88	1.88
100	2.33	2.33	1.55	2.44	1.55	3.00	2.88
200	1.44	2.88	1.55	1.88	2.55	2.55	2.22
300	2.44	2.11	1.77	1.22	2.77	2.00	1.22

รายเฉลี่ยได้จากคะแนนการชิมรส 9 คน

จากตาราง 9 นำมาเขียนกราฟ ดังกราฟรูปที่ 9

5.2 ผลการวิเคราะห์หาคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติคที่สูญญากาศ

ตาราง 10 คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ที่สูญญากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ(สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	2.11	2.22	1.11	2.00	2.33	1.66	1.11
100	1.15	1.66	1.44	2.00	1.77	2.44	2.66
200	2.22	2.11	2.11	1.44	1.66	1.77	2.22
300	2.22	2.44	2.00	2.66	1.22	1.55	2.44

รายเฉลี่ยได้จากคะแนนการชิม 9 คน

จากตาราง 10 นำมาเขียนกราฟ ดังกราฟรูปที่ 10

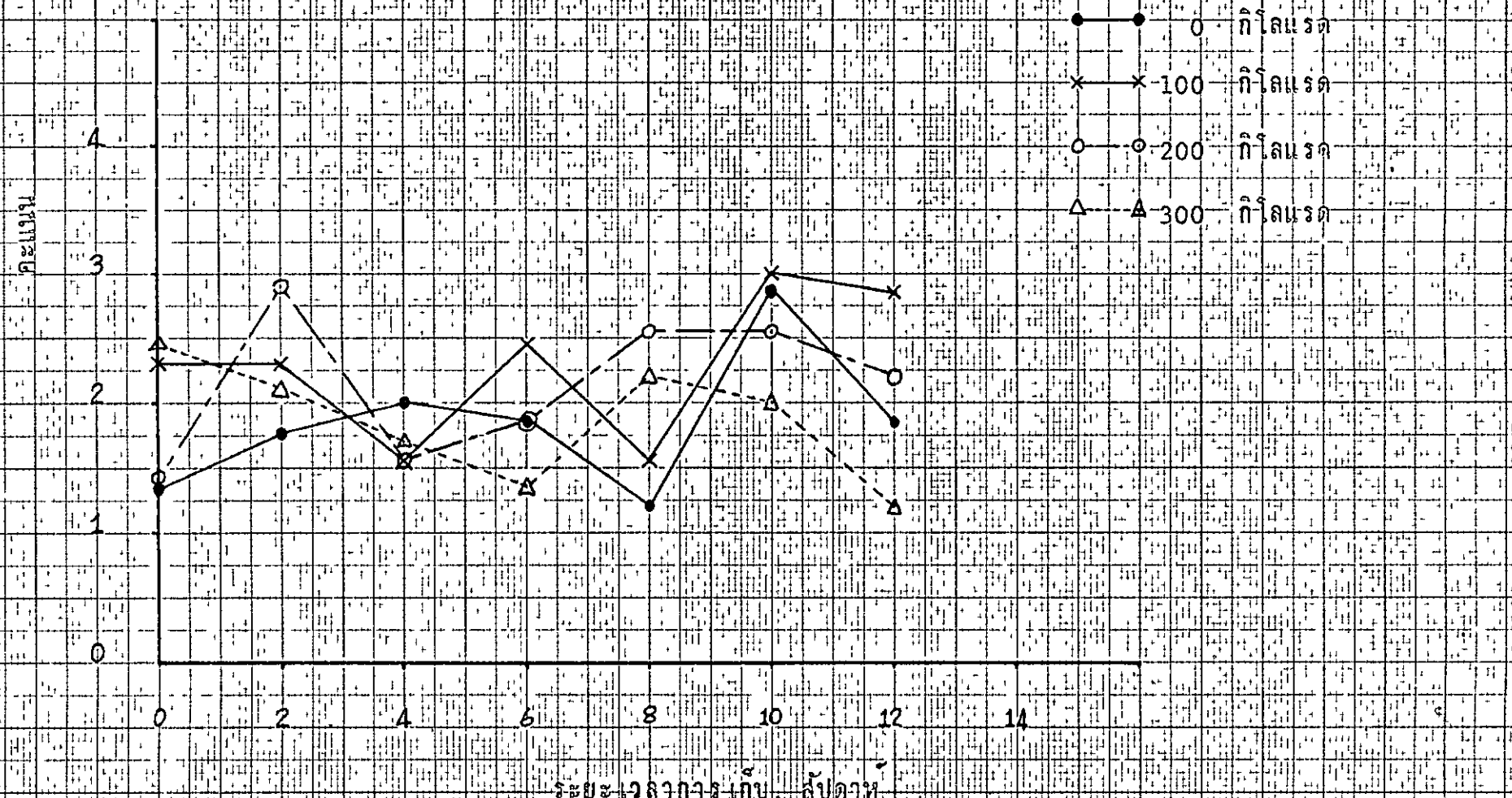
6. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณค่า TBA (TBA number)

6.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณค่า TBA ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ

ภาพประกอบที่ 9

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนกับระยะเวลาการเก็บ

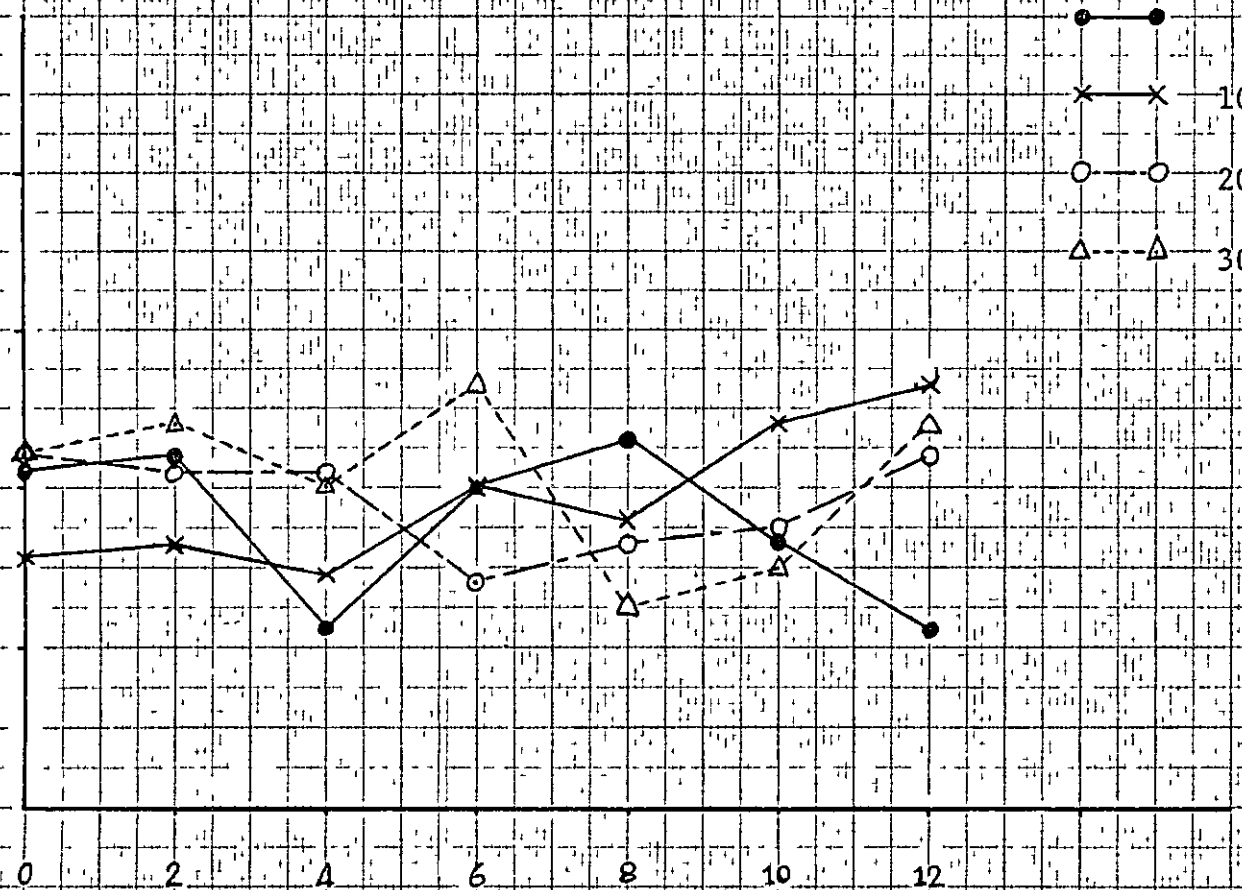
ปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ



ภาพประกอบที่ 10

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนกับระยะเวลาการเก็บ

ปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ที่สูญญากาศ



ตาราง 11 ปริมาณค่า TBAในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ณ ความกดดันของบรรยากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ(สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	57.30 ±6.41	19.24 ±6.20	46.00 ±7.55	64.95 ±14.90	47.32 ±0.92	66.55 ±4.02	85.35 ±3.29
100	10.82 ±4.01	24.30 ±6.22	61.35 ±6.17	54.15 ±5.53	63.36 ±6.91	56.16 ±2.03	52.15 ±1.64
200	16.84 ±7.13	13.23 ±1.06	73.75 ±2.13	54.85 ±7.65	53.35 ±3.16	54.35 ±1.21	72.20 ±3.38
300	30.84 ±1.11	22.82 ±3.64	56.90 ±14.88	54.85 ±1.38	44.15 ±6.02	46.90 ±0.62	76.60 ±4.80

รายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

จากตาราง 11 นำมาเขียนกราฟดังปรากฏกราฟรูปที่ 11 และนำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลาการเก็บ 12 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังนี้

ตาราง 12 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในเวลา 12 สัปดาห์

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	8001.77	6	1333.62	1.64
Experimental error	17451.48	21	831.02	
Total	25453.25	27		

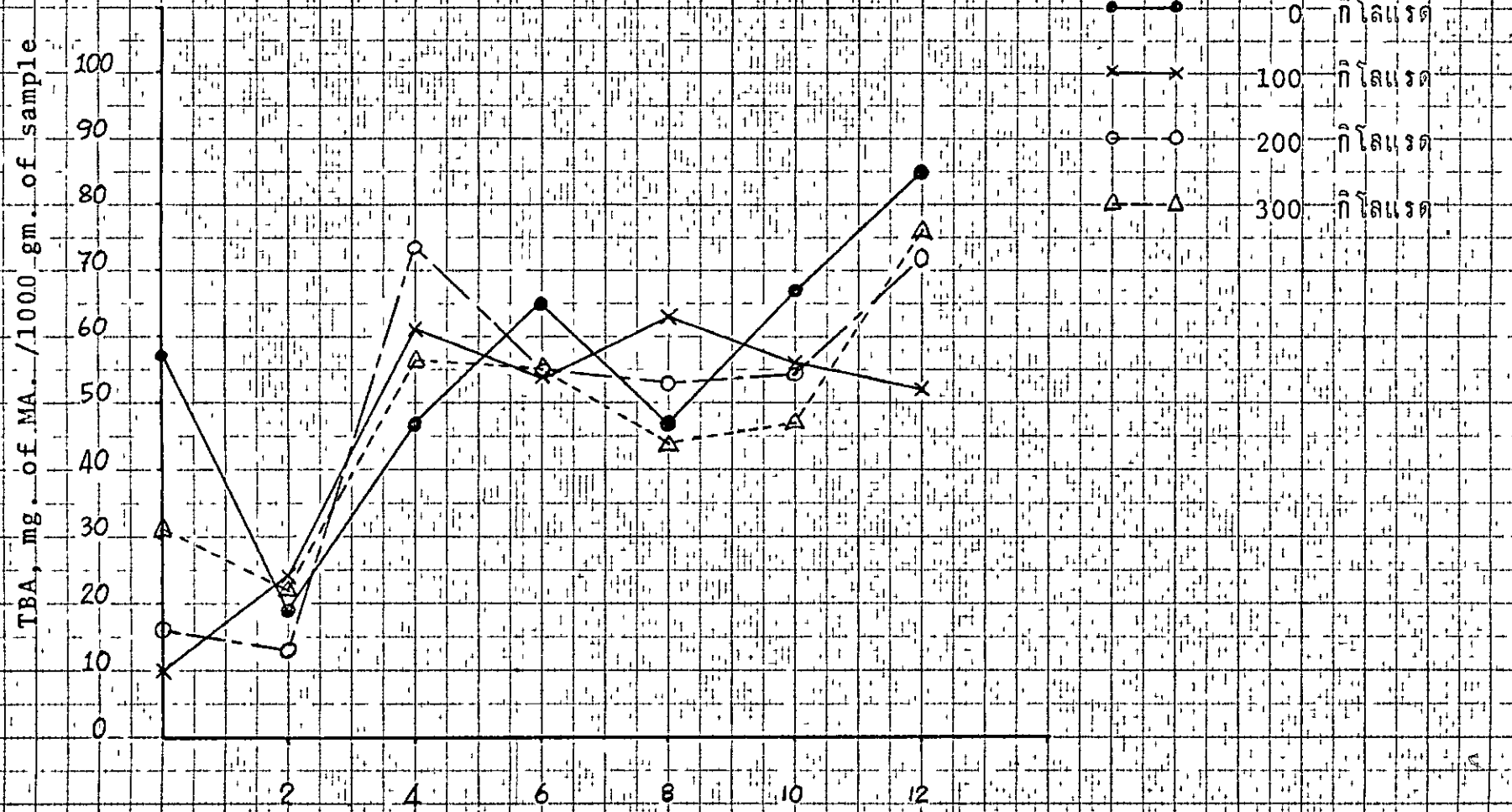
$F_{(.01,\ df\ 6,\ 21)} = 3.81$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ และเก็บไว้เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์นั้น มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาพประกอบที่ 11

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBA กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็ม

ที่บรรจุถุงเลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ



6.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณค่า TBA ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติคที่สูญญากาศ

ตาราง 13 ปริมาณค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่างๆ ที่สูญญากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ(สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	24.88 ±5.88	19.25 ±5.98	61.35 ±9.04	43.75 ±0.45	33.68 ±3.27	33.68 ±3.08	34.50 ±1.02
100	23.66 ±2.27	24.05 ±3.30	36.90 ±0.70	29.88 ±5.64	69.35 ±2.31	23.25 ±0.91	44.85 ±0.64
200	33.27 ±2.21	34.90 ±1.05	38.90 ±4.74	53.35 ±3.29	56.16 ±5.64	41.65 ±5.68	63.35 ±2.72
300	19.24 ±1.93	17.23 ±3.55	36.09 ±2.94	56.50 ±5.56	54.45 ±4.18	38.90 ±0.60	48.15 ±8.02

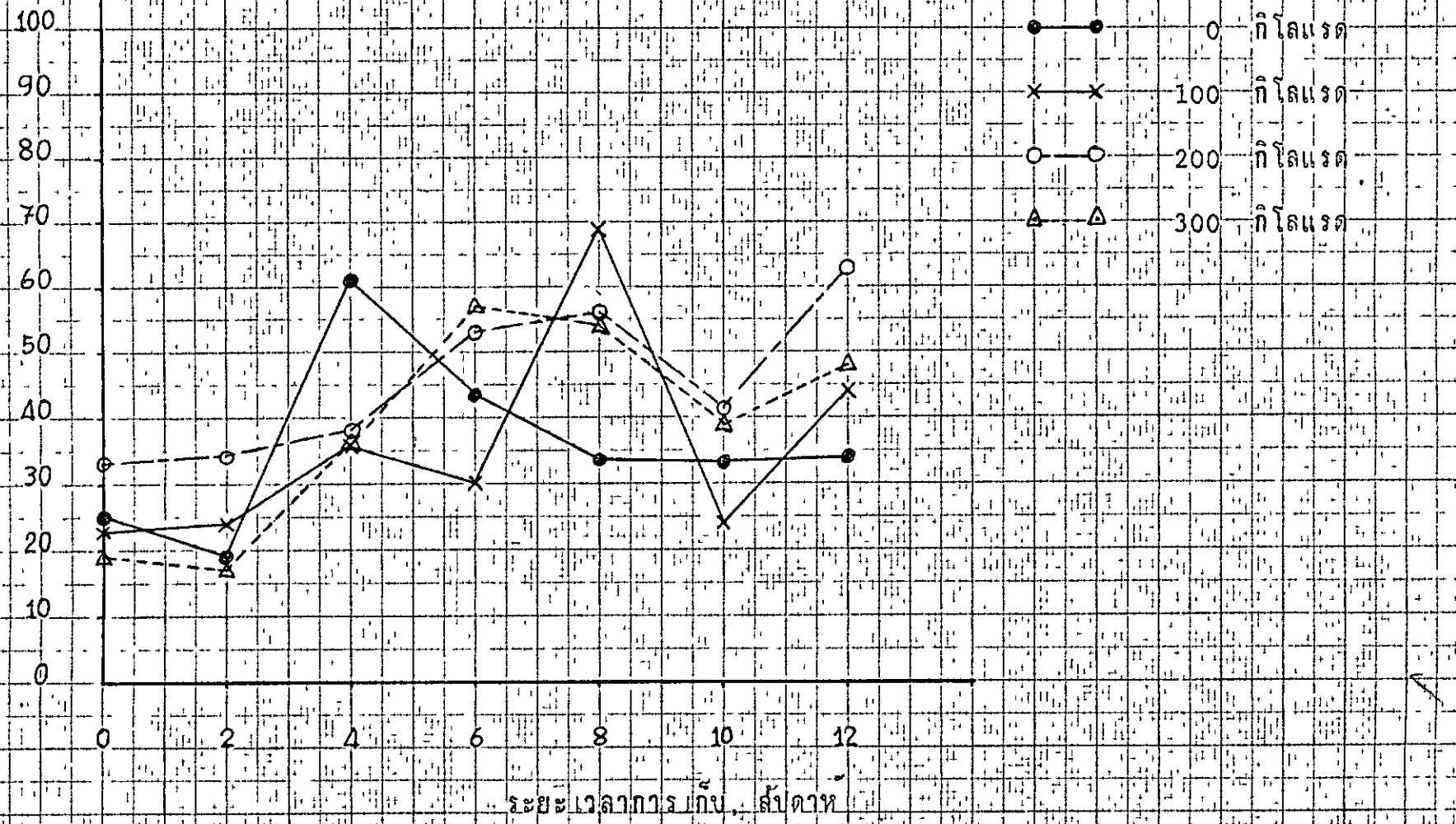
รายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

จากตาราง 13 นำมาเขียนกราฟ ดังปรากฏกราฟรูปที่ 12 และนำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลาการเก็บ 12 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังนี้

ภาพประกอบที่ 12

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBA กับระยะเวลาการเก็บปลาทูเค็ม

ที่บรรจุถุงพลาสติค ที่สูญญากาศ



ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 100 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 25 ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 200 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ และที่สูญญากาศ

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	5.73	2	2.86	2.00
Experimental error	4.31	3	1.43	
Total	10.04	5		

$F_{(.01,\ df\ 2,\ 3)} = 30.82$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 200 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 26 ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 300 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	28.56	2	14.28	1.17
Experimental error	36.56	3	12.18	
Total	65.12	5		

$F_{(.01,\ df\ 2,\ 3)} = 30.82$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 300 กิโลแรด บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

7.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณค่า PV*

ตาราง 27 ปริมาณค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ และเก็บไว้เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
0	0	0	0	0	1.71±0.30	1.48±0.20	1.45±0.43
100	0	0	0	0	0.65±0.22	0.25±0.05	0.25±0.05
200	0	0	0	0	0.95±0.55	0.26±0.00	0.24±0.05
300	0	0	0	0	0.64±0.28	0.21±0.05	0.21±0.05

รายเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

ผลจากการวิเคราะห์ นำมาเขียนกราฟดังปรากฏกราฟรูปที่ 15 และนำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลาการการเก็บ 12 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังนี้

*ในการทดลองเมื่อเติมสารละลายอิ่มตัวโปแตสเซียมไอโอไดด์แล้วเก็บไว้ 1 นาทีจึงวิเคราะห์ต่อ

PV, milliequivalent of peroxide /1000 gm. of sample
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0
2
4
6
8
10
12
ระยะเวลาการเก็บรักษา, สัปดาห์
ที่บรรจุในภาชนะต่างๆ กัน
แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PV กับระยะเวลาการเก็บรักษา ความเข้มข้นของบรรยากาศ
ภาชนะที่ 15
0 กิโลแรด
100 กิโลแรด
200 กิโลแรด
300 กิโลแรด

ตาราง 28 ความแปรปรวนของค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ในระยะเวลา 12 สัปดาห์

Source of Variation	SS	df	Ms	F
Treatment	0.91	2	0.45	2.06
Experimental error	2.01	9	0.22	
Total	2.92	11		

$F_{(.01,\ df\ 2,\ 9)} = 8.02$

ผลจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่า PV ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ และเก็บไว้เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์นั้น มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

<u>ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า</u>

เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมม่าที่มีต่อปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้ารวมทั้งกลิ่นหืนในปลาทูเค็ม

<u>วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า</u>

1. สุ่มกลุ่มตัวอย่างปลาทูสดนำมาทำเค็มโดยแช่น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 25 ตากแดดให้มีความชื้นเหลือร้อยละ 20 - 25

2. นำกลุ่มตัวอย่างในข้อ 1 บรรจุถุงพลาสติคที่อุณหภูมิห้อง ณความกดดันของบรรยากาศ และที่สูญญากาศ บรรจุถุงละ 5 ตัว

3. นำกลุ่มตัวอย่างในข้อ 2 ไปฉายรังสีแกมม่าขนาด 0, 100, 200 และ 300 กิโลแรด (Krad)

4. เก็บกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3 ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25° - 30°ซ)

5. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้าทุกเดือน สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติคที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการวิเคราะห์แต่ละ ขนาด 3 ครั้ง

6. ทำการวิเคราะห์กลิ่นหืนทุก 2 สัปดาห์ ดังนี้

6.1 ใช้กลุ่มตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง แต่ละขนาดนำมาวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเปอร์รอกไซด์ (Peroxide value, PV) ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (Thiobarbituric acid value, TBA) และการชิมรสและกลิ่นหืน

6.2 ใช้กลุ่มตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติคที่สูญญากาศ แต่ละขนาดนำมาวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเปอร์รอกไซด์ ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก และการชิมรสและกลิ่นหืน

6.3 การชิมรสและกลิ่นหืน นำปลาเค็มมาห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียม

(Aluminium foil) ห่อละ 2 ตัว อบที่อุณหภูมิ 200° ซ เป็นเวลา 20 - 25 นาที แกะกระดาษออกหั่นปลาเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่จาน จานละขนาดโดยมีระหัสกำกับไว้ ให้ผู้ทดลองที่ผ่านการอบรมในด้านชิมปลาอย่างดีมาแล้ว ชิมปลาพร้อมทั้งให้คะแนนตามแบบฟอร์ม

7. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น ขี้เถ้า และกลิ่นหืน ใช้วิธีการทางเคมี และฟิสิกส์ ดังนี้

7.1 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดย Micro Kjeldahl Nessler Method

7.2 วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โดย Soxhlet Continuous Extraction Apparatus

7.3 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยชั่งน้ำหนักที่หายไปของปลาทูเค็มในระหว่างการอบที่อุณหภูมิ 75° - 80°ซ จนน้ำหนักคงที่

7.4 วิเคราะห์หาปริมาณขี้เถ้า โดยชั่งน้ำหนักปลาทูเค็มภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 525°ซ จนเป็นเถ้าสีขาว และมีน้ำหนักคงที่

7.5 วิเคราะห์หาปริมาณกลิ่นหืน โดยใช้

7.5.1 ค่าเปอร์รอกไซด์ (Peroxide value)

7.5.2 ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (Thiobarbituric acid value)

7.5.3 การชิมรส และกลิ่นหืน

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณ โดยใช้ Analysis of Variance โดย Simple Randomized Design

<u>สรุปผลการศึกษาค้นคว้า</u>

1. <u>ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น</u>

ปริมาณความชื้นในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาด 0,100,200 และ 300 กิโลแรดยังคงมีปริมาณอยู่ระหว่างร้อยละ 20 - 25 นั่นคือปลาทูเค็มไม่ฉายรังสี และฉายรังสีขนาดต่าง ๆ เก็บไว้เป็นระยะเวลา 4 เดือน ไม่มีความแตกต่างกัน

ที่ระดับความเชื่อมั่น .01

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ปริมาณโปรตีนในปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสีขนาด 100, 200 และ 300 กิโลแรด เก็บไว้เป็นระยะเวลา 4 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ปริมาณไขมันในปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสีขนาด 100, 200 และ 300 กิโลแรด เก็บไว้เป็นระยะเวลา 4 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณขี้เถ้า

ปริมาณขี้เถ้าในปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสีขนาด 100, 200 และ 300 กิโลแรด เก็บไว้เป็นเวลา 4 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01

5. ผลการวิเคราะห์ปริมาณกลิ่นหืนโดยการชิมรสและกลิ่น

5.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศ

จากภาพประกอบที่ 9 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมรสและกลิ่นหืนไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสีขนาดต่าง ๆ ว่ามีกลิ่นหืนแตกต่างกัน และการเก็บไว้เป็นเวลา 12 สัปดาห์นั้น โดยทั่วไปผู้ทดสอบรู้สึกว่ากลิ่นรสไม่แตกต่างกัน

5.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติกที่สูญญากาศ

จากภาพประกอบที่ 10 แสดงว่า ผู้ทดสอบชิมรสและกลิ่นหืนไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสีว่ามีกลิ่นหืนแตกต่างกัน และการเก็บไว้เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์นั้น โดยทั่วไปผู้ทดสอบรู้สึกว่ากลิ่นรสไม่แตกต่างกัน

จากภาพประกอบที่ 9 และ 10 จะเห็นว่ารูปกราฟมีแนวโน้ม-

คล้ายคลึงกัน คะแนนโดยเฉลี่ยมีกลิ่นหืนเล็กน้อย แสดงว่าการเก็บรักษาปลาทูเค็มโดยบรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและสูญญากาศ ไม่แตกต่างกัน

6. ผลการวิเคราะห์ปริมาณค่า TBA (TBA number)

6.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณค่า TBA ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ

จากภาพประกอบที่ 11 ปรากฏว่าค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ มีรูปร่างคล้ายคลึงกัน และเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ไม่มีความแตกต่างในระยะเวลาการเก็บไว้ 12 สัปดาห์ที่ระดับความเชื่อมั่น .01

6.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณค่า TBA ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติคที่สูญญากาศ

จากภาพประกอบที่12 ปรากฏว่าค่า TBA ในปลาทูเค็มที่ฉายรังสีขนาดต่าง ๆ มีรูปร่างคล้ายคลึงกันและเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าไม่มีความแตกต่างในระยะเวลาการเก็บไว้ 12 สัปดาห์ที่ระดับความเชื่อมั่น.01

6.3 ผลการวิเคราะห์ ความแตกต่างระหว่างค่า TBA ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ

ปลาทูเค็มที่ฉายรังสี 0, 100, 200 และ 300 กิโลแรค โดยบรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์นั้น ปลาทูเค็มที่ฉายรังสี แต่ละขนาดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01 แสดงว่าการบรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศไม่มีผลต่อกลิ่นหืนแตกต่างกัน

7. ผลการวิเคราะห์ปริมาณค่า PV (PV number)

7.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณค่า PV ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศ

ปรากฏว่าปลาทูเค็มที่ฉายรังสี 0, 100, 200 และ 300 กิโลแรค เก็บไว้เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์นั้น (โดยวิธีทดลองที่ดัดแปลงจาก A.O.C.S.)

จากภาพประกอบที่ 13 จะมองเห็นความแตกต่างกันได้ชัดเจน และเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01

แต่สำหรับการหาปริมาณโดยวิธีการทดลองของ A.O.C.S. พบว่าค่า PV ของปลาทูเค็มที่ฉายรังสีแต่ละขนาดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01 จากภาพประกอบที่ 15 จะเห็นว่าระยะเวลา 2 เดือนแรกไม่ปรากฏค่า PV เลย สำหรับปลาทูเค็มที่ฉายรังสีทุกขนาด แต่ปรากฏค่าในระยะต่อมาซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก

7.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณค่า PV ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติกที่สูญญากาศ

โดยวิธีทดลองที่ดัดแปลงจาก A.O.C.S จากภาพประกอบที่ 14 จะเห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดในระยะ 2 - 4 สัปดาห์ และเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่า มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01

7.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่า PV ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ

สำหรับปลาทูเค็มที่ฉายรังสี 0, 100, 200 และ 300 กิโลแรด ปรากฏว่าการบรรจุถุงที่ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์นั้น ปลาทูเค็มที่ฉายรังสีแต่ละขนาดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01 นั่นคือการบรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศไม่มีผลต่อปริมาณ ค่า PV

<u>อภิปรายผลการทดลอง</u>

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาว่าปลาทูเค็ม ที่ฉายรังสีจะมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้า แตกต่างไปจากปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสีหรือไม่ และถ้าเก็บไว้เป็นระยะเวลานานปริมาณสารอาหารดังกล่าวจะมีค่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อผลในการบริโภค และการถนอมอาหารไว้ให้ได้เป็นเวลานาน

จากการวิจัยปรากฏว่าการวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้า (Proximate composition) ในปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสีและ

ฉายรังสีขนาด 100, 200 และ 300 กิโลแรด ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น .01 แสดงว่าอิทธิพลของรังสีในขนาดต่าง ๆ ที่ใช้ (สูงสุด 300 กิโลแรด) ไม่มีผลจะกระทบกระเทือนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารอาหารดังกล่าว

ในการทดลองนี้ใช้ปริมาณรังสีค่อนข้างต่ำ (Radurization or Radiation Pasteurization) เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเร็ว ดังนั้นจึงมีประโยชน์ในด้านการถนอมรักษาอาหารไว้ให้คงสภาพปกติ และจากการสังเกตด้านกายภาพปรากฏว่า ปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสีจะมีหนอนของแมลงวันเกิดขึ้น แต่สำหรับปลาทูเค็มที่ฉายรังสี ไม่พบปรากฏการณ์ดังกล่าว ทั้งนี้เพราะรังสีแกมม่าที่ฉายผ่านได้ทำลายหนอนและแมลง ดังกล่าว

นอกจากนี้ได้ศึกษาต่อไปว่าปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสีนั้นถ้าเก็บไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ จะเกิดกลิ่นหืนหรือไม่ ซึ่งกลิ่นหืนนี้เกิดจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นของออกซิเจนกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปลาทูเค็ม จึงได้ทำการทดลองว่า ถ้าบรรจุปลาทูเค็มในถุงพลาสติคที่สูญญากาศแล้วจะเกิดกลิ่นหืนขึ้นหรือไม่

เมื่อใช้วิธีการทางเคมีวิจัยปริมาณกลิ่นหืน แล้ว **เปรียบ**เทียบกับความรู้สึกของผู้ทดลองชิมรสและกลิ่นหืนของปลาทูเค็มในระยะเวลาต่าง ๆ กันปรากฏว่าผู้ทดสอบไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างปลาทูเค็มที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสีได้ ทั้งมีความรู้สึกต่อกลิ่นรสไม่แตกต่างไปจากการทดลองชิมในระยะ**ครั้งที่หนึ่งภายหลัง**การฉายรังสีเสร็จทันที

ในกรณีการบรรจุปลาทูเค็ม ณ ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศ ผู้ทดสอบมีความรู้สึกไม่แตกต่างกัน ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมจึงน่าจะได้แก่การบรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของบรรยากาศตามปกติ

สำหรับการหาปริมาณกลิ่นหืนโดยวิธีการทางเคมี คือ การหาปริมาณค่า TBA และ PV นั้น เมื่อเทียบกับความรู้สึกของผู้บริโภคแล้ว ค่าดังกล่าวจัดอยู่ในระยะมีกลิ่นหืนเล็กน้อย โดยเฉพาะค่า PV (ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยวิธีของ A.O.C.S.) ในระยะ 2 เดือนแรกค่า PV เป็นศูนย์คือไม่มีกลิ่นหืนเลยและระยะต่อมาปรากฏค่า PV ขึ้น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีกลิ่นหืนเล็กน้อย แต่สำหรับการกำหนดค่า TBA ว่าเท่าใดจะมีกลิ่นหืนหรือไม่นั้น ใช้การเปรียบเทียบกับความรู้สึกของ.

ผู้ทดสอบการชิม และเปรียบกับค่า PV แสดงว่าอยู่ในเกณฑ์มีกลิ่นหืนเล็กน้อยเช่นกัน ทั้งนี้เพราะค่า TBA ไม่สามารถกำหนดเฉพาะได้ว่าค่า TBA เท่าใดจึงจะเรียกว่ามีหรือไม่มีกลิ่นหืนสำหรับอาหารที่ต่างชนิดและลักษณะกัน (Castell and Boyce, 1966 : 1587 - 1588) เช่นการกำหนดค่า TBA ในปลาป่นคุณภาพดีมีค่า 21 แต่คุณภาพไม่ดีมีค่าประมาณ 300 หรือในปลากระป๋องและปลาแช่เย็นคุณภาพดีมีค่าน้อยกว่า 3 ในกรณีคุณภาพไม่ดีมีค่า 4 - 27 เป็นต้น

การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ระหว่าง TBA และค่า PV นั้น Yu and Sinnhuber (Yu and Sinnhuber, 1967:329) และ Turner (Turner et al, 1954 : 328) สรุปผลว่าค่า TBA ใช้เป็นเกณฑ์ได้ดีกว่าค่า PV หรือวิธีเคมีอื่น ๆ

สำหรับการบรรจุปลาทูเก็มในถุงพลาสติคที่มีความกดดันของบรรยากาศและที่มีสูญญากาศนั้น ผลไม่มีความแตกต่างกัน

ดังนั้นจากการวิจัยปลาทูเก็มที่ไม่ฉายรังสีและที่ฉายรังสีขนาด 100, 200 และ 300 กิโลแรด มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และขี้เถ้าไม่แตกต่างกันโดยเก็บไว้เป็นระยะเวลา 4 เดือน และผู้บริโภคยังคงไม่รังเกียจกลิ่นรสในระยะเวลาที่ทำการทดลอง 3 เดือน และโดยการบรรจุปลาทูเก็มที่ความกดดันของบรรยากาศและที่สูญญากาศไม่แตกต่างกัน จึงควรที่จะบรรจุที่ความกดดันของบรรยากาศเป็นการสดวกกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และขี้เถ้าควรทำการศึกษาต่อเป็นระยะเวลานานขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นประโยชน์ยิ่งขึ้น เช่นในเวลา 6 เดือน หรือ 1 ปี

2. การวิเคราะห์กลิ่นหืนโดยวิเคราะห์ปริมาณค่า TBA นี้ ควรใช้วิธีอื่น ๆ เช่นวิธีการของทูเนอร์ (Turner) และ Sinnhuber and Yu เปรียบเทียบกับวิธีกลั่น (Distillation) นี้

3. การใช้วิธีทางเคมีอื่น ๆ เช่นการวิเคราะห์ปริมาณ Carbonyl number: Gas Chromatography เปรียบเทียบกับค่า TBA

4. ควรทำการวิเคราะห์โดยการเติมตัวป้องกันออกซิเดชั่น (Antioxidant) ชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการไม่เติมตัวป้องกันออกซิเดชั่น

5. ควรทำการวิเคราะห์ปริมาณกลิ่นหืนในอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น น้ำปลา น้ำมันพืชและสัตว์ และอาหารอื่น ๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

จินดา เทียมเมธ, "ไนนที่จะไม่มีปลาทู", วิทยาศาสตร์, 25(9):571-579 กรกฎาคม 2514

บุญเลิก ศรีสารา, การอาบรังสีปลาป่นเพื่อกำจัด Salmonella และ Arizonae Thai AEC-56 สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพ 1972, 20 หน้า

ประวิตร ชูศิลป์, การวิเคราะห์หาปริมาณแกโรทีน (Carotene) และวิตามินซี (Ascorbic Acid) ในกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าที่มีความดิบสุกต่าง ๆ ภายหลังอาบรังสีแกมม่า (Gamma Radiation) ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, 2515, 70 หน้า

พลศึกษา, กรม, ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2511, หน้า 14

ไพศาล เลาห์เรณู, การถนอมอาหารด้วยการอาบรังสี, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพ, 2513, 17 หน้า

ไพศาล เลาห์เรณู, เชวงศักดิ์ พรหมภูเบศร์และสำราญ ทรงประเสริฐชัย, การยืดอายุการเก็บปลาทูนึ่งโดยการอาบรังสี, Thai AEC-38, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพ, 1970, 23 หน้า

มาร์ติน, เอ เทล ออสติน (ประดิษ รัตนกุล แปลและเรียบเรียง). ตำราโภชนาการเบื้องต้น, กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ, โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2515, 298 หน้า

วิไล เทวกุล, "อาหารของประชากรชาวเอเชียกับปัญหาการสูญเสีย", วิทยาศาสตร์ก้าวหน้า, 73:10-13, ธันวาคม 2511

สถิติ แผนก, สถิติการประมงขององค์การสะพานปลา, องค์สะพานปลากรุงเทพ 2515, 19 หน้า

สถิติ แผนก, สถิติการประมงของประเทศไทย 2514, กรมประมง กระทรวงเกษตร 2515, 48 หน้า

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, ดร., "ดุยกับแม่บ้านยุคปรมาณู", วารสารหเภรษฐ์ศาสตร์ 12(3):49-54, มิถุนายน 2511

Braverman, J.B.S., Introduction to Biochemistry of Foods, Elsevier Publishing Company, N.Y., 1963, pp 242-245

Borgstrom, George (ed), Food as Fish, Vol I, Academic Press, N.Y. and London, 1961

Castell, C.H. and Boyce, G.A., "Erroneous Thiobarbituric Acid Values in Fish Tissues by Their Normal Content of Free Iron", Journal Fisheries Research Board of Canada, 23(10), 1966, pp 1587 - 1598

Jacobs, Mouris. B., The Chemical Analysis of Food and Food Products, 3rd. edition, D.Van Nostrand Company Inc, New Jersey, 1958, 970 pp

Kwon, Tai-Wan and Watts, Betty M., 'Determination of Malonaldehyde by Ultraviolet Spectrophotometry", Food science, 28:1963, pp 627-630

A.O.C.S., Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society, Illinois, 1972 Cd 8-53

Loaharanu, P., Prompubesara, C., Songprasertchai, S., and Kraisorn, K.,"Effect of Irradiation in Extending the Storage life of Boiled Chub Mackerel (Rastrelliger Spp.)", Thai AEC-19, Office of Atomic Energy for Peace Bangkok, 1971, 25 pp

Loaharanu, P., Prompubesara, C., Kraisorn, K., and Noachoramool, K., Preservation of Crab Meat by Gamma Irradiation, Thai AEC-58, Office of Atomic Energy for Peace Bangkok, 1972, 13 pp

Meyer, Lillian Hoagland, Food Chemistry, Reinhold Publishing Corporation, 4th printing, U.S.A., 1966, 385 pp

Pierce, Willis Conway., Haenisch, Edward Lauth and Sowyer, Donald Turner, Quantitative Analysis, 4th. edition, John Wiley and Sons, Inc, 1958, 497 pp

Pohle, W.D., Gregory, R.L.,and Giesson, B.Van., "Relationship of Peroxide Value and Thiobarbituric Acid Value to Development of Undesirable Flavor Characteristic in Fats", The Journal of the American Oil Chemists' Society, 41:1964, pp 649-650

Schulty, H.W. (ed), Symposium on Foods Lipids and Their Oxidation, The Avi Publishing Company, Inc, Westport Connecticut, U.S.A., 1962, Ch.1, 4, 9

Sinnhuber, R.O., Yu, T.C. and Yu Te Chang, "Characterization of the Red Pigment formed in the 2-thiobarbituric acid Determination of Oxidative Rancidity", Food Research, 23.1958, pp 626-634

Sinnhuber, R.O., and Yu, T.C., "2-thiobarbituric Acid Method for the Measurement of Rancidity in Fishery Products" Food Technology, 12:1958, pp 9-12

Tarladgis, Basil G., Watts, Betty M., Younathan, Margaret T., and Dugan, Leroy. Jr., "A Distillation Method for the Quantititive Determination of Malonaldehyde in Rancid Foods.,The Journal of the American Oil Chemists' Society, 37.1960, pp 44-48

Tarladgis, Basil G., Pearson, A.M., and Dugan, L.R. Jr., "The Chemistry of the 2-Thiobarbituric Acid Test for the Determination of Oxidative Rancidity in Foods. I Some Important Side Reactions", "The Journal of the American Oil Chemists' Society, 39:1962 A, pp 34-39

Triebold, Howard O.and Aurand, Leonard W.,Food Composition and Analysis, D.Van Nostrand Company, Inc., U.S.A., 1963 497 pp

Turner, E.W.,Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M., and Olson, F.C., "Use of the 2-Thiobarbituric Acid Reagent to Measure Rancidity in Frozen Pork, "Food Technology, 8·1954, pp 326-330

Winer, B.,Statistical principles in experimental design, N.Y., McGraw-Hill, 1962, 672 pp

Yu, T.C.and Sinnhuber, R.O., "Further Observations on the 2-thiobarbituric Acid Method for the Measurement of Oxidative Rancidity", The Journal of the American Oil Chemists' Society, 41 1964, pp 540-542

Yu, T.C. and Sinnhuber, R.O., "An Improved 2-thiobarbituric Acid (TBA) Procedure for the Measurment of Autoxidation in Fish Oils", The Journal of the American Oil - Chemists' Society, 44:1967, pp 256-258

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ตาราง 29 ปริมาณความชื้นคิดจากน้ำหนักปลาทูเค็มทั้งตัว เทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
		0	1	2	3	4
0	1	25.74	21.25	20.27	20.52	20.52
	2	19.51	24.79	20.66	23.07	22.28
	3	25.37	29.30	27.46	22.12	19.95
100	1	28.51	23.26	22.95	23.02	23.55
	2	24.84	28.51	23.93	19.66	22.42
	3	24.24	22.31	25.84	21 59	20.10
200	1	22.45	25.27	20.73	22.72	22.50
	2	25.43	24.75	21 25	24.82	22.14
	3	24.56	21.10	23.71	25.06	18.66
300	1	24.55	26.02	19.80	20.37	19.04
	2	24.84	22.40	20.20	22.57	22.04
	3	22.68	24.24	20.80	23.69	21.20

ตาราง 30 ปริมาณโปรตีนคิดจากน้ำหนักปลา ภายหลังอบหาความชื้นแล้ว เทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
		0	1	2	3	4
0	1	61.02	63.02	62.43	62.05	61.66
	2	63.77	58.79	60.96	61.37	62.34
	3	60.15	57.48	53.94	58.77	56.14

ตาราง 30 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
		0	1	2	3	4
100	1	61.88	65.72	55 88	61.28	57 70
	2	61.99	62.29	68 77	62.28	63.55
	3	64.21	59.42	60.23	59.21	51.84
200	1	72.73	60.06	61.57	61.87	67 72
	2	59.96	62.82	58.80	59.45	62.72
	3	59.31	58.93	65.81	60.54	52.81
300	1	67.22	62 37	50.93	59.36	62.01
	2	64.92	64.96	65.80	60.99	61.41
	3	61.65	63.20	61.36	61.19	59.42

ตาราง 31 ปริมาณไขมันคิดจากน้ำหนักปลา ภายหลังจากอบหาความชื้นแล้ว เทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
		0	1	2	3	4
0	1	10.57	12.48	9.44	10.33	9.42
	2	10.05	12.20	8.86	9.67	10.20
	3	11.95	12.48	8.83	10.34	9.55
100	1	10.21	10.68	8.34	8.36	8.19
	2	10.38	10.85	8.17	8.32	7.94
	3	12.87	11.93	8.02	8.09	8.10

ตาราง 31 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
		0	1	2	3	4
200	1	6.80	7.22	12.48	8.57	8.33
	2	7.19	7.06	12.91	8.46	7.64
	3	7.45	6.94	11.18	8.98	8.41
300	1	7.92	11.04	9.99	9.81	9.98
	2	8.24	10.40	9.19	10.04	9.57
	3	7.92	10.86	8.98	9.61	10.57

ตาราง 32 ปริมาณขี้เถ้าคิดจากน้ำหนักปลา ภายหลังอบหาความชื้นแล้ว เทียบเป็นร้อยละ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
		0	1	2	3	4
0	1	18.57	19.47	18.80	20.69	18.34
	2	19.31	19.06	23.83	20.46	18.35
	3	17.42	19.41	19.54	21.41	20.93
100	1	23.90	18.26	22.80	19.23	17.77
	2	25.18	20.65	21.51	20.94	20.25
	3	22.81	18.11	22.19	20.48	18.76
200	1	25.64	19.78	15.42	21.32	18.81
	2	24.62	18.89	18.26	21.45	19.98
	3	24.40	18.83	19.48	19.26	18.28

ตาราง 32 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)				
		0	1	2	3	4
300	1	21.21	19.54	19.04	19.59	18.12
	2	21.35	19.88	19.38	20.73	17.09
	3	21.54	19.48	19.22	20.58	18.26

ตาราง 33 ปริมาณค่า TBA (มก. ของมาโลนาลดีไฮด์/สารตัวอย่าง 1000 กรัม) ในปลาทูเค็มบรรจุถุง ณความกดดันของบรรยากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)						
		0	2	4	6	8	10	12
0	1	64.45	14.83	53.35	82.15	48.50	68.20	92.20
	2	56.90	26.45	40.85	55.35	46.90	69.80	96.25
	3	50.50	16.84	54.45	57.30	46.90	62.16	68.20
100	1	7.22	29.63	54.15	52.15	69.80	54.15	50.90
	2	15.23	20.83	64.50	60.25	64.95	50.90	52.15
	3	10.82	21.62	65.20	50.18	56.16	58.18	54.15
200	1	8.83	13.23	76.20	63.36	50.50	53.75	70.60
	2	22.43	14.04	72.51	54.15	51.75	54.85	69.80
	3	19.24	12.42	72.51	48.15	56.50	56.16	76.95
300	1	30.40	20.20	48.15	53.75	38.10	47.32	78.15
	2	32.44	22.02	70.90	56.50	50.15	46.10	71.30
	3	30.84	27.24	76.20	55.30	44.15	48.15	80.60

ตาราง 34 ปริมาณค่า TBA (มก.ของมาโลนาลดีไฮด์ / สาร ตัวอย่าง 1,000 กรัม) ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงที่สูญญากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
0	1	22.42	12.42	65.75	43.3	35.41	31.28	33.68
	2	20.84	20.84	50.90	44.15	36.10	42.85	35.41
	3	31.28	24.05	67.30	44.15	30.10	27.28	34.50
100	1	25.48	20.84	36.90	28.08	72.20	24.05	45.30
	2	24.88	27.28	36.10	36.10	68.20	24.05	44.15
	3	21.28	24.88	37.50	25.27	68.20	22.47	45.30
200	1	33.68	33.30	41.35	54.15	50.90	37.30	60.55
	2	35.70	36.48	44.15	50.15	62.18	38 10	61.35
	3	31.28	35.26	34.90	56.16	56.16	48.50	62.55
300	1	20.86	13.24	32.90	60.18	58.50	38.50	40.13
	2	20.04	20.04	38.50	59.40	50.15	39.70	48.90
	3	17.65	18.43	37.28	50.15	54.85	38.90	56.16

ตาราง 35 ปริมาณ PV (milliequivalent of peroxide/สาร ตัวอย่าง 1,000 กรัม) ในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงณความกดดันของบรรยากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
0	1	3.98	2.38	5.37	8.95	4.57	2.98	2.86
	2	4.38	0.60	5.17	8.15	4.37	2.19	2.65
	3	3.58	0.40	7.30	7.55	4.77	3.78	2.86
100	1	-	1.99	8.75	6.36	4.57	2.57	5.31
	2	-	1.59	9.54	6.69	4.37	2.78	5.72
	3	-	2.78	8.15	6.50	4.37	3.58	3.11
200	1	-	-	6.96	4.57	4.37	2.98	4.09
	2	-	-	9.54	5.17	4.57	3.18	4.09
	3	-	-	8.08	4.78	4.77	2.57	5.98
300	1	-	-	5.57	4.37	4.57	2.78	4.50
	2	-	-	5.37	4.57	6.16	2.78	4.90
	3	-	-	5.37	4.37	5.37	2.39	4.90

ตาราง 36 ปริมาณค่า PV* (milliequivalent of peroxide/สาร ตัวอย่าง 1,000 กรัม) ในปลาทูเค็มบรรจุถุงที่สูญญากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
0	1			7.55	7.36	5.77	2.99	3.68
	2			6.76	4.57	6.16	3.18	3.48
	3			6.96	6.16	5.57	3.78	3.68

* ในการทดลอง เมื่อเติมสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์แล้ว เก็บไว้ประมาณ 15 ชั่วโมง จึงวิเคราะห์ต่อ

ตาราง 36 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
100	1							
	2							
	3							
200	1	-	-	8.55	5.96	4.77	1.99	3.52
	2	-	-	8.35	7.36	5.76	3.58	3.50
	3	-	-	7.16	4.77	5.37	2.19	5.98
300	1	-	.80	4.77	6.36	4.37	3.19	4.09
	2	-	.60	5.57	5.96	4.57	2.98	4.30
	3	-	.40	5.16	6.56	4.37	3.58	5.98

ตาราง 37 ปริมาณค่า PV* (milliequivalent of peroxid/สารตัวอย่าง 1,000 กรัม) ในปลาทูเก็มที่บรรจุถุงฉีกความกดดันของบรรยากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
0	1	-	-	-	-	2.01	1.24	0.24
	2	-	-	-	-	1.39	1.77	0.95
	3	-	-	-	-	1.73	1.43	0.17

* ในการทดลองเมื่อเติมสารละลายอิ่มตัวไปแตสเซียมไอโอไดด์ แล้วเก็บไว้ 1 นาที จึงวิเคราะห์ต่อ

ตาราง 37 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
100	1	-	-	-	-	.92	.24	.24
	2	-	-	-	-	.51	.27	.27
	3	-	-	-	-	.54	.24	.24
200	1	-	-	-	-	.88	.44	1.53
	2	-	-	-	-	.24	.27	.27
	3	-	-	-	-	.24	.27	.20
300	1	-	-	-	-	.61	.38	.95
	2	-	-	-	-	.20	.20	.24
	3	-	-	-	-	.20	.24	.20

ตาราง 38 คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่บรรจุถุง ณความกดดันของบรรยากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
0	1	2	1	2	1	1	2	1
	2	1	1	3	1	1	3	1
	3	1	2	1	3	1	2	2
	4	1	2	1	4	1	3	2
	5	1	2	2	2	1	4	2
	6	2	2	2	1	1	4	2
	7	1	2	2	2	2	4	2
	8	2	3	1	2	2	3	3
	9	1	1	4	1	1	1	2

ตาราง 38 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ(สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
100	1	1	1	2	2	1	2	1
	2	1	1	2	4	1	2	3
	3	2	3	3	2	2	4	4
	4	1	4	1	3	1	4	3
	5	3	3	1	4	2	2	2
	6	4	3	1	3	1	4	4
	7	1	3	1	1	3	3	2
	8	3	1	1	2	2	3	3
	9	2	2	2	1	1	3	4
200	1	1	1	1	1	3	2	1
	2	1	2	1	3	4	2	2
	3	1	3	3	2	3	3	3
	4	1	4	1	1	2	3	1
	5	2	3	2	3	2	2	1
	6	3	4	2	4	4	2	2
	7	2	4	2	1	3	3	2
	8	1	4	1	2	2	2	4
	9	1	1	1	1	1	4	4

ตาราง 38 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
300	1	4	1	1	1	2	3	1
	2	1	2	2	1	4	1	1
	3	1	3	2	1	3	2	1
	4	2	2	1	2	3	2	1
	5	3	3	2	1	3	1	1
	6	1	2	2	1	3	3	1
	7	4	2	2	1	4	2	1
	8	4	2	1	2	2	2	2
	9	2	2	3	1	1	2	2

ตาราง 39 คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็มที่บรรจุถุงที่สูญญากาศ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ(สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
0	1	1	2	1	2	1	3	1
	2	2	2	1	3	2	1	1
	3	2	3	1	1	2	1	1
	4	1	2	1	1	1	1	1
	5	3	1	1	2	3	2	1
	6	4	4	1	4	3	2	2
	7	1	3	2	1	3	2	1
	8	3	2	1	2	3	2	1
	9	2	1	1	2	3	1	1

ตาราง 39 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
100	1	1	2	1	2	1	2	2
	2	4	1	2	2	2	2	4
	3	1	2	2	3	2	1	2
	4	1	3	1	2	1	4	3
	5	1	1	1	3	1	3	4
	6	2	2	2	2	2	4	2
	7	1	2	1	2	2	3	1
	8	1	1	2	1	4	2	2
	9	2	1	1	1	1	1	4
200	1	3	1	1	1	1	2	2
	2	3	3	2	1	2	3	2
	3	2	2	2	2	1	1	3
	4	1	1	1	2	1	1	1
	5	2	1	2	2	2	2	2
	6	3	4	3	1	2	2	1
	7	2	1	3	2	1	3	1
	8	1	3	3	1	3	1	4
	9	3	3	2	1	2	1	4

ตาราง 39 ต่อ

ขนาดรังสี (กิโลแรด)	ครั้งที่	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
300	1	4	1	1	3	1	1	2
	2	2	2	4	4	2	1	3
	3	1	2	2	2	1	1	3
	4	1	3	2	2	1	2	2
	5	4	1	1	4	1	1	3
	6	2	3	2	3	1	2	2
	7	1	4	2	3	1	4	2
	8	3	2	3	1	2	1	3
	9	2	4	1	2	1	1	2

ตาราง 40 ค่า Absorbance ของปริมาณไนโตรเจนมาตรฐาน ที่ Wavelenght 420 mμ

สารละลายเลขที่	สารละลายไนโตรเจน (.02 mg/ml)	ปริมาณไนโตรเจน (mg)	การทดลองครั้งที่ 1 (A)	การทดลองครั้งที่ 2 (A)	เฉลี่ย (A)	เฉลี่ย (A)
1	0	0	.060	.060	.06	-
2	5	1	.142	.140	.141	.081
3	10	2	.221	.223	.227	.167
4	15	3	.318	.314	.316	.256
5	20	6	.395	.408	.401	.341
6	25	5	.478	.481	.479	.419
7	30	6	.571	.576	.573	.513
8	35	7	.647	.653	.650	.590

ตาราง 41 ค่า Absorbance ของสารละลาย malonaldehyde มาตรฐานที่ Wavelenght 538 mμ

สารละลายเลขที่	ความเข้มข้น (mole/litre)	การทดลองครั้งที่ 1 (A)	การทดลองครั้งที่ 2 (A)	การทดลองครั้งที่ 3 (A)	เฉลี่ย (A)
1	1×10^{-8}	.044	.043	.046	.044
2	2×10^{-8}	.088	.093	.092	.091
3	3×10^{-8}	.130	.135	.137	.134
4	4×10^{-8}	.086	.184	.181	.183
5	5×10^{-8}	.223	.226	.227	.225
6	6×10^{-8}	.271	.268	.270	.269
7	7×10^{-8}	.310	.314	.311	.311

การคำนวณค่า K (distillation)

โดยใช้ MA ที่เข้มข้น 5×10^{-7} mole/litre วัดค่า Absorbance เฉลี่ยได้ .630

และ recovery มีค่า Absorbance เท่ากับ .361 เทียบเป็นร้อยละของ recovery ได้เท่ากับ 57

ดังนั้นแทนค่าในสูตร K (distillation)ดังนี้

$$K = \frac{5 \times 10^{-7}}{5} \times \frac{1}{.630} \times 72.06 \times \frac{10^{7}}{.5} \times \frac{100}{57}$$

$$= 401.3$$

ในเมื่อ

$$\frac{\text{conc. in moles/5ml. of distillate}}{\text{optical density}} = \frac{5 \times 10^{-7}}{5} \times \frac{1}{.630}$$

molecular weight of malonaldehyde = 72.06

weight of sample = 0.5 กรัม

% recovery = 57

ภาคผนวก ข

แบบฟอร์มการให้คะแนนการชิมรสและกลิ่นหืนในปลาทูเค็ม

การทดสอบรสและกลิ่นหืนของอาหาร

อาหาร .... วันที่ ....

ชื่อ ... ...

การให้คะแนน

4 รส, กลิ่นหืนมาก

3 รส, กลิ่นหืนปานกลาง

2 รส, กลิ่นหืนเล็กน้อย

1 ไม่มีรส, กลิ่นหืนเลย

ตัวอย่างเลขที่	คะแนน

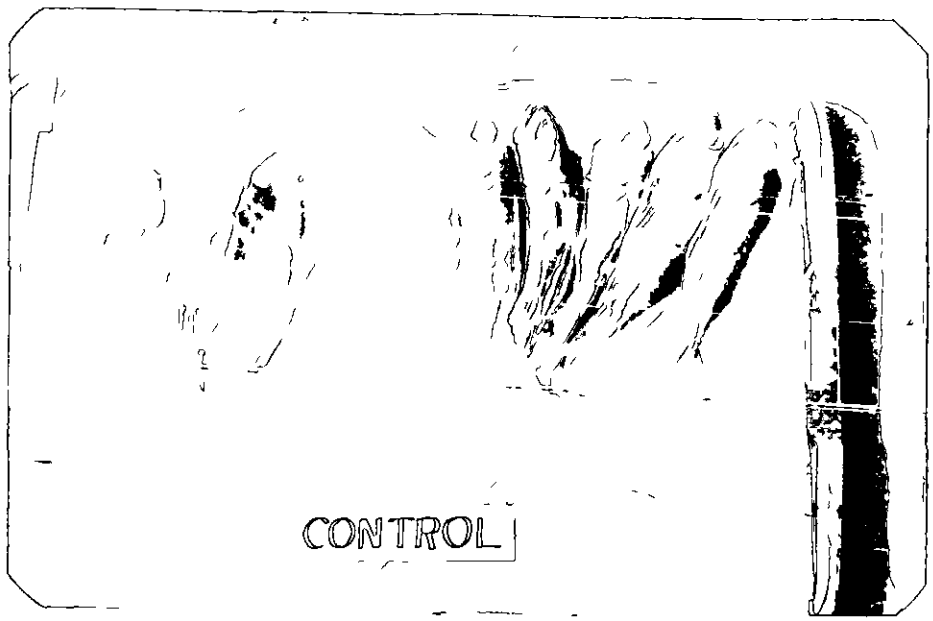
หมายเหตุ ... ...

....

....

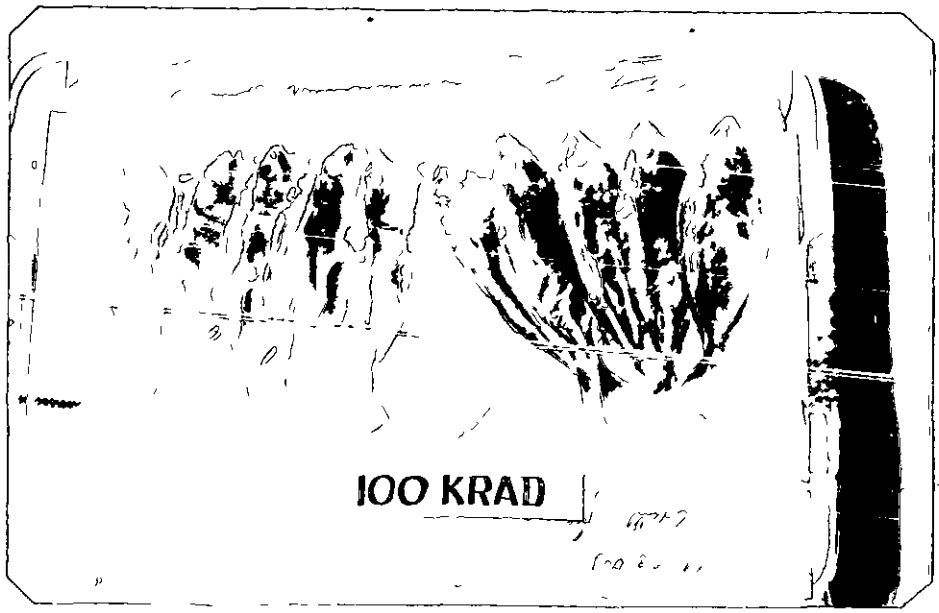
ภาคผนวก ค

รูปภาพลักษณะของปลาทูเค็ม



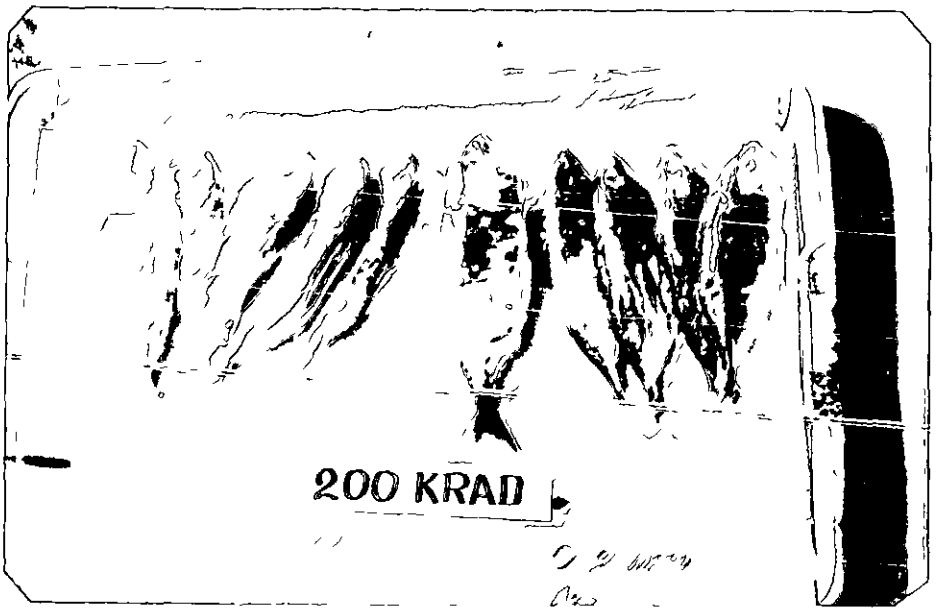
ภาพประกอบที่ 16

แสดงลักษณะของปลาทูเก็มไม่ฉายรังสีที่บรรจุถุงพลาสติค ณ ความกดดันของสูญญากาศและบรรยากาศ



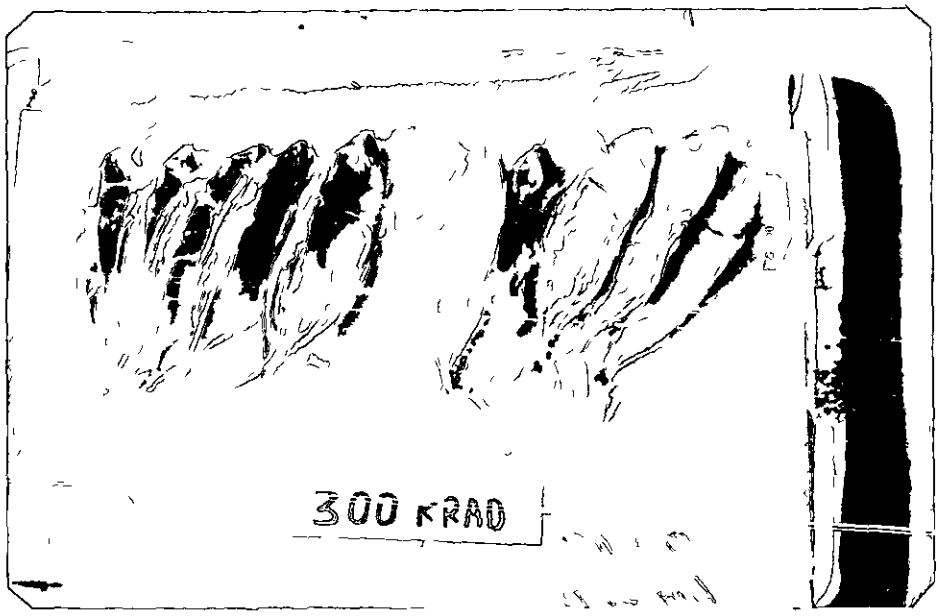
ภาพประกอบที่ 17

แสดงลักษณะของปลาทูเค็มฉายรังสีขนาด 100 กิโลแรดที่บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของสูญญากาศและบรรยากาศ



ภาพประกอบที่ 18

แสดงลักษณะของปลาทูเค็มฉายรังสีขนาด 200 กิโลแรดที่บรรจุถุงพลาสติก
ณ ความกดดันของสูญญากาศและบรรยากาศ



ภาพประกอบที่ 19

แสดงลักษณะของปลาทูเค็มฉายรังสีขนาด 300 กิโลแรดที่บรรจุถุงพลาสติก ณ ความกดดันของสูญญากาศและบรรยากาศ