

R13

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓/๒๕๔๘



Technical Paper no. 3/2005

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*)  
ในช่องทางของการเคลื่อนย้าย

**PREDICTION OF SHELF LIFE OF THREADFIN BREEM (*Nemipterus hexodon*)  
IN DISTRIBUTION CHAIN**

สุเมธ สุพิชญางกูร

Sumate Supichayangure

นิรชา วงษ์จินดา

Niracha Wongchinda

สุภาพร สิริมานุยุตต์

Supaporn Sirimanuyutt

รัชดา อธิธิพงษ์

Ratchada Ittipong

สมยศ ราชนิยม

Somyos Rachniyom

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ  
กรมประมง  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Fishery Technological Development Division  
Department of Fisheries  
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓ /๒๕๔๘



Technical Paper no. 3 /2005

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*)  
ในช่องทางของการเคลื่อนย้าย

PREDICTION OF SHELF LIFE OF THREADFIN BREEM (*Nemipterus hexodon*)  
IN DISTRIBUTION CHAIN

สุเมธ สุพิชญางกูร

นิรชา วงษ์จินดา

สุภาพร สิริมานุยุตต์

รัชดา อธิธิพงษ์

สมยศ ราชนิยม

Sumate Supichayangure

Niracha Wongchinda

Supaporn Sirimanuyutt

Ratchada Ittipong

Somyos Rachniyom

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

เกษตรกลาง จตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๕๐๐

โทรศัพท์ ๐-๒๕๔๐-๖๑๓๐-๔๕

๒๕๔๘

Fishery Technological Development Division

Kaset-Klang, Chatuchak, Bangkok 10900

Tel. 0-2940-6130-45

2005

รหัสทะเบียนวิจัยเลขที่ 44 45 20703 06 3 983 003

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
ABSTRACT	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	3
อุปกรณ์	4
วิธีการทดลอง	4
1. การศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ 0°C และ 10°C	4
2. คาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่อุณหภูมิต่างๆ	5
3. คาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้าย	6
ผลการทดลองและวิจารณ์	7
1. ผลการศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ 0°C และ 10°C	7
2. ผลการคาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่อุณหภูมิต่างๆ	8
3. ผลการคาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้าย	11
สรุป	14
ข้อเสนอแนะ	14
เอกสารอ้างอิง	16
ภาคผนวก ก	17

## การคาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) ในช่องทางของการเคลื่อนย้าย

สุเมธ สุพิชญางกูร

นิรชา วงษ์จินดา สุภาพร สิริมานุยุตต์ รัชดา อธิธิพงษ์ สมยศ ราชนิยม

กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง เกษตรกลาง จตุจักร กทม. 10900

E-mail : sumates@fisheries.go.th

### บทคัดย่อ

ใช้ปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) เป็นตัวแทนของวัตถุดิบสัตว์น้ำในการทดสอบหาอายุการเก็บรักษาของปลาที่เก็บในอุณหภูมิ 0°C และ 10°C ด้วยวิธี Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) เพื่อให้ได้ Temperature-accelerating factor หรือ  $Q_{10}$  factor สำหรับนำมาใช้คาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิต่างๆ โดยการใช้เกณฑ์การวัดการหมดอายุการเก็บของปลาที่เก็บในอุณหภูมิ 0°C และ 10°C ในระดับคุณภาพความสดสูงที่ %K ไม่เกิน 21% ในระดับคุณภาพความสดปานกลางที่ TVB-N ไม่เกิน 30 mg/100g และในระดับคุณภาพความสดต่ำที่ Sensory score ไม่ต่ำกว่า 3 คะแนน จากคะแนนสดที่สุด 10 คะแนนและไม่สดที่สุด 1 คะแนน พบว่าที่ระดับความสดสูง อายุการเก็บของปลาที่เก็บในอุณหภูมิ 0°C เท่ากับ 4.3 วัน ในขณะที่อายุการเก็บของปลาที่เก็บในอุณหภูมิ 10°C เท่ากับ 0.75 วันและได้ค่า  $Q_{10(K)}$  เท่ากับ 5.73 ส่วนที่ระดับความสดปานกลาง อายุการเก็บของปลาที่เก็บในอุณหภูมิ 0°C และ 10°C เท่ากับ 12.53 และ 4.22 วันตามลำดับ และได้ค่า  $Q_{10(TVB)}$  เท่ากับ 2.97 และที่ระดับความสดต่ำ อายุการเก็บของปลาที่เก็บในอุณหภูมิ 0°C และ 10°C เท่ากับ 16 และ 8.08 วันตามลำดับและได้ค่า  $Q_{10(Sensory)}$  เท่ากับ 1.98 เมื่อนำไปคาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ 40°C พบว่าหมดอายุคุณภาพความสดสูงเพียง 5.7 นาทีและหมดอายุคุณภาพความสดปานกลางและต่ำภายใน 4 ชม. และ 1 วันตามลำดับ สำหรับการคาดคะเนอายุการเก็บที่เหลือในน้ำแข็ง(0°C) ของปลาทรายแดงในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้าย ตั้งแต่จับปลาทรายแดงขึ้นมาจากเรือประมงจนถึงผู้บริโภค พบว่าปลาทรายแดงในน้ำแข็งหมดอายุคุณภาพความสดสูงตั้งแต่จับขึ้นมาจากเรือไม่ถึง 1 ชม. แต่อย่างไรก็ตามปลายังคงคุณภาพความสดปานกลางและต่ำเมื่อถึงมือผู้บริโภคแล้วได้นานอีก 2.5 และ 7 วันตามลำดับโดยการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

คำสำคัญ : คาดคะเน อายุการเก็บ ปลาทรายแดง ช่องทางการเคลื่อนย้าย

**PREDICTION OF SHELF LIFE OF THREADFIN BREAM****(*Nemipterus hexodon*) IN DISTRIBUTION CHAIN****Sumate Supichayangure****Niracha Wongchinda Supaporn Sirimanuyutt Ratchada Ittipong****Somyos Rachniyom**Fishery Technological Development Division, Department of Fisheries  
Plodprasop Building , Kaset-Klang, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

E-mail : sumates@fisheries.go.th

**ABSTRACT**

Prediction of raw fish shelf life and quality were studied by using threadfin bream (*Nemipterus hexodon*) as a representative of raw fishes. The fish was stored at 0°C and 10°C, and the temperature-accelerating factors ( $Q_{10}$  factors) were measured by Accelerated Shelf Life Testing method (ASLT) for predicting the raw fish shelf life stored at different temperatures. The fish freshness was categorized into 3 levels, the highest, medium, and lowest. The highest level has %K (quality of freshness) no more than 21%. The medium level has TVB-N no more than 30 mg/100g. The lowest level has sensory score no less than 3 points (10 is the highest and 1 is the lowest freshness score). The results showed that at storing temperature of 0°C and 10°C, the fish had still remained fresh at the highest level when stored for 4.3 and 0.75 days and the  $Q_{10(\%K)}$  value was 5.73, at the medium level for 12.53 and 4.22 days and the  $Q_{10(TVB)}$  value was 2.97, and at the lowest level for 16 and 8.08 days and the  $Q_{10(\text{Sensory})}$  value was 1.98, respectively. According to the  $Q_{10}$  factors, the freshness of the fish stored at 40°C would decrease from the highest to medium and the lowest level for 5.7 min, 4 h, and 1 day, respectively. In distribution chain from sea to consumer the freshness of the fish stored under ice (0°C) had stayed at the highest level for only 1 h after catching. However, the freshness had remained at the medium and low levels for 2.5 and 7 days when the fish was at consumer hands, respectively.

**Key words:** Prediction, Shelf life, Threadfin bream, Distribution chain

## คำนำ

ในกระบวนการเคลื่อนย้ายสัตว์น้ำตั้งแต่เรือประมงจับสัตว์น้ำขึ้นจากทะเล ขนส่งเข้าฝั่งและกระจายสัตว์น้ำไปจนถึงโรงงานแปรรูปหรือผู้บริโภคสัตว์น้ำ ต้องผ่านการจัดเก็บ ขนถ่าย เคลื่อนย้าย ซื่อขายหลายขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนบนเรือประมงในทะเล ขั้นตอนที่ทำเทียบเรือสะพานปลา ขั้นตอนการขนส่งบนบก ขั้นตอนการแปรรูปเบื้องต้น ขั้นตอนในโรงงานแปรรูป และขั้นตอนการขายปลีกจนถึงมือผู้บริโภค โดยระหว่างการเคลื่อนย้ายของแต่ละขั้นตอนมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตัวสัตว์น้ำอยู่ตลอดเวลา ขึ้นกับสภาพการดูแลเก็บรักษาสัตว์น้ำที่แตกต่างกันไป ทำให้คุณภาพของสัตว์น้ำมีการเสื่อมเสียช้าเร็วไม่แน่นอน มีผลทำให้อายุการเก็บของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย จึงเป็นการยากในการกำหนดคุณภาพและอายุการเก็บของสัตว์น้ำในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายได้ Wheaton (1985) กล่าวว่าปลาที่อยู่ในสภาพดีหรือไม่ดีเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเป็นอย่างมาก ปลาที่มีไขมันต่ำเก็บไว้ที่  $15^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลาานาน 3 วันก็บริโภคไม่ได้แล้ว ในขณะที่เก็บที่  $5^{\circ}\text{C}$  เก็บได้นานถึง 6 วันและเก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  เก็บได้นานถึง 15 วัน Labuza (1982) กล่าวถึงอายุการเก็บของปลาทะเล ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ  $-1^{\circ}\text{C}$  เก็บได้นานถึง 21.5 วัน เก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  เก็บได้นาน 16 วันและเก็บที่  $1^{\circ}\text{C}$  เก็บได้ 10.5 วัน ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเพียงองศาเดียว ก็มีผลทำให้อายุการเก็บของปลาเปลี่ยนไปได้หลายวัน ดังนั้นอิทธิพลของอุณหภูมิจึงมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บของสัตว์น้ำโดยตรง การวิจัยนี้จึงเป็นการพยายามสร้างวิธีการหรือเครื่องมือขึ้นมาเพื่อคาดคะเนคุณภาพและอายุการเก็บของสัตว์น้ำจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและช่วงระยะเวลาของอุณหภูมินั้น ว่ามีผลกระทบต่อคุณภาพและอายุการเก็บของสัตว์น้ำในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายอย่างไร โดยใช้วิธีการประเมินทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) ด้วยการใช้ค่า  $Q_{10}$  factor (Labuza, 1982; Labuza and Schmidl, 1985) ซึ่งเป็นวิธีการสากลที่นิยมใช้หาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร ที่ใช้เวลาการหาสั้นและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่สามารถคาดคะเนอายุการเก็บของสัตว์น้ำที่เก็บในอุณหภูมิต่างๆ ได้โดยไม่ต้องทดลองทุกอุณหภูมิและยังใช้ประเมินอายุการเก็บที่เหลือหลังการเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ แล้วได้ด้วยเช่นกัน

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บ ณ อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  และ  $10^{\circ}\text{C}$
2. เพื่อคาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วยวิธี Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)
3. เพื่อคาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับจนถึงผู้บริโภค

## วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

1. ตู้เย็นยี่ห้อ PNP รุ่น SR-4S 2 ตู้ขนาดความจุตู้ละ 20 ลูกบาศก์ฟุต เป็นแบบมีพัดลมเป่าให้อากาศเย็นกระจายได้ทั่วตู้อย่างสม่ำเสมอ สามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $0^{\circ}\text{C}$  1 ตู้และ  $10^{\circ}\text{C}$  1 ตู้ (  $\pm$  ไม่เกิน  $0.5^{\circ}\text{C}$  )
2. Datalogger พร้อม software ยี่ห้อ Diskson รุ่น H120 สามารถบันทึกอุณหภูมิได้ตั้งแต่  $-40^{\circ}\text{C}$  จนถึง  $120^{\circ}\text{C}$
3. หีบฉนวนพลาสติกแข็งขนาด 300 ลิตร ใช้เก็บรักษาปลาด้วยน้ำแข็ง 2 ใบ
4. ปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) ขนาด 5-7 ตัว/กก. ที่จับจากน่านน้ำทะเลหน้าจังหวัดประจวบคีรีขันธ์-ชุมพร ด้วยเรืออวนลากขนาดกลาง (8 วา) อายุการเก็บในน้ำแข็งไม่เกิน 48 ชม. เป็นชนิดของสัตว์น้ำที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

### วิธีการทดลอง

1. การศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  และ  $10^{\circ}\text{C}$ 
  - 1.1 นำปลาทรายแดงมาเก็บในตู้เย็นที่ตั้งอุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  และ  $10^{\circ}\text{C}$
  - 1.2 สุ่มตัวอย่างปลาจากข้อ 1.1 ทุก 2 วันต่อครั้ง ครั้งละ 5 ตัวต่ออุณหภูมิ มาประเมินคุณภาพและอายุการเก็บ
  - 1.3 การประเมินคุณภาพของปลาทรายแดง โดยตรวจคุณภาพความสดของปลาทางเคมีด้วยค่า K (%K), TVB (Total volatile base nitrogen) (Miwa, 1992) และตรวจทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ตามแบบฟอร์มการประเมินคุณภาพปลาที่แสดงไว้ในภาคผนวก ก. โดยใช้ Trained panels 5 คนเป็นเครื่องมือวัดคุณภาพสัตว์น้ำทางประสาทสัมผัส โดยกำหนดปลาทรายแดงที่มีคุณภาพระดับเกรด A ค่า K เท่ากับหรือน้อยกว่า 21% คุณภาพระดับเกรด B ค่า TVB เท่ากับหรือน้อยกว่า 30 mg/100g คุณภาพระดับเกรด C ค่า Sensory score เท่ากับหรือมากกว่า 3 คะแนน (โดย 1 คะแนนคือคุณภาพของปลาทรายแดงที่นำเสียแล้ว 10 คะแนนคือคุณภาพของปลาทรายแดงที่สดที่สุด) (%K = 21% เป็นค่า Enzymatic Freshness Indicator ที่ใช้เป็นมาตรฐานวัดความสดของปลาทูน่าที่บริโภคดิบ (Sashimi) ที่ต้องการคุณภาพที่มีความสดสูงต้องไม่เกิน 21% (นงลักษณ์, 2531) TVB = 30 mg/100g เป็นค่าที่ใช้เป็นมาตรฐานวัดคุณภาพความสดของสัตว์น้ำโดยทั่วไปที่มีคุณภาพความสดที่ดียอมรับได้ต้องไม่เกิน 30 mg/100 g (Ng, 1987) และ sensory score = 3 เป็นค่าที่ใช้วัดคุณภาพความสดของสัตว์น้ำที่ Panelists ทั้งหมดตกลงเป็นมติให้เป็นเกณฑ์ต่ำสุดที่พอยอมรับได้ และจาก นงลักษณ์ (2531) ที่อ้างถึง Lima Dos Santos (1981) ใช้เกณฑ์การวัดคุณภาพความสดของสัตว์น้ำทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนน 10 คะแนนมีคุณภาพดีที่สุดและคะแนน 1 คะแนนมีคุณภาพเลวที่สุด โดยกำหนดคะแนนทางประสาทสัมผัสของคุณภาพสัตว์น้ำที่เริ่มไม่ยอมรับอยู่ที่ 3 คะแนน เช่นกัน)

1.4 การประเมินอายุการเก็บของปลาทรายแดง ระยะเวลาของการเก็บจนกว่าระดับคุณภาพของปลาที่เก็บไว้ทั้ง 2 อุณหภูมิ มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในข้อ 1.3 คืออายุการเก็บของปลาที่เก็บที่อุณหภูมิ 0°C และ 10°C ( $\theta_0, \theta_{10}$ ) ที่มีคุณภาพระดับเกรด A, B, และ C

1.5 ทำการทดลองดังกล่าวข้างต้นเป็นจำนวน 5 ซ้ำ แล้วเฉลี่ยค่าของอายุการเก็บและระดับคุณภาพ

1.6 นำค่าเฉลี่ยแต่ละค่าของอายุการเก็บและระดับคุณภาพที่วัดจากการทดลองของปลาทรายแดงที่เก็บที่ 0°C และ 10°C ในระดับเกรด A, B และ C มาหา Correlation แล้วทำเป็นสมการเส้นตรง Regression equation ( $Y = a+bX$ ) ด้วยโปรแกรม MS Excel

1.7 นำสมการที่ได้แทนค่า Y ด้วยค่าของระดับคุณภาพตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ในข้อ 1.3 (%K = 21%, TVB = 30 mg/100g, sensory score = 3 คะแนน) จะได้ค่า X เป็นอายุการเก็บ(วัน) ของปลาที่เก็บที่อุณหภูมิ 0°C และ 10°C ที่มีคุณภาพระดับเกรด A, B, และ C

2. คาคคเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วยวิธี Accelerated Shelf Life Testing(ASLT)

2.1 ใช้ทฤษฎีการประเมินอายุการเก็บด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์แบบเร่ง (Accelerated Shelf Life Testing) ที่วัดด้วยค่าที่เรียกว่า  $Q_{10}$  เป็นตัววัด Sensitivity หรือความไวของปฏิกิริยาการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บไว้ในอุณหภูมิหนึ่งกับผลิตภัณฑ์เดียวกันที่เก็บไว้ในอีกอุณหภูมิหนึ่งที่แตกต่างกัน 10°C โดยเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$Q_{10} = \frac{\text{Rate at temperature } (T+10^\circ\text{C})}{\text{Rate at temperature } T^\circ\text{C}} \quad (\text{Labuza, 1982})$$

โดยค่า  $Q_{10}$  สามารถคำนวณให้อยู่ในรูปของ shelf-life ได้ดังนี้

$$Q_{10} = \frac{\text{Shelf-life at } T^\circ\text{C}}{\text{Shelf-life at } (T+10^\circ\text{C})} = \frac{\theta_T}{\theta_{T+10}} \quad (\text{Labuza, 1982})$$

และเมื่อทราบค่า  $Q_{10}$  ของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ ได้แล้ว สามารถคาคคเนอายุการเก็บ(shelf-life)ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ที่เก็บในอุณหภูมิต่างๆ ได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$Q_{10}^{(T_2-T_1)/10} = \frac{\theta_{T_1}}{\theta_{T_2}} \quad (\text{Labuza and Schmidl, 1985})$$



แต่เนื่องจากการทดลองหาค่า  $Q_{10}$  ของปลาทรายแดงและการคาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิอื่นๆ เป็นการหาค่าจากอายุการเก็บของปลาทรายแดงในอุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  กับ  $10^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิอื่นๆ ที่สูงกว่า  $0^{\circ}\text{C}$  เท่านั้น ดังนั้น สูตรดังกล่าวข้างต้นสามารถเขียนใหม่เป็น

$$Q_{10} = \frac{\text{Shelf-life at } 0^{\circ}\text{C}}{\text{Shelf-life at } 10^{\circ}\text{C}} = \frac{\theta_0}{\theta_{10}} \dots\dots\dots A$$

$$Q_{10}^{(T_1/10)} = \frac{\theta_0}{\theta_{T_1}} \dots\dots\dots B$$

โดย  $T_1$  คืออุณหภูมิการเก็บรักษาปลาทรายแดงที่เก็บต่างไปจาก  $0^{\circ}\text{C}$  ( $T_2 - T_1 = T_1 - 0 = T_1$ ) ค่า  $\theta_0$  คืออายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  และค่า  $\theta_{T_1}$  คืออายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิต่างๆ ( $T_1^{\circ}\text{C}$ )

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  และ  $10^{\circ}\text{C}$  ( $\theta_{(\%K)}$ ,  $\theta_{\alpha(\text{TVB})}$ ,  $\theta_{10(\text{TVB})}$ , และ  $\theta_{\alpha(\text{Sensory})}$ ,  $\theta_{10(\text{Sensory})}$ ) จากข้อ 1 มาหาค่า  $Q_{10}$  ของแต่ละระดับคุณภาพโดยใช้สูตร A จะได้ค่าของ  $Q_{10(\%K)}$ ,  $Q_{10(\text{TVB})}$ , และ  $Q_{10(\text{Sensory})}$

2.3 นำค่า  $Q_{10(\%K)}$ ,  $Q_{10(\text{TVB})}$ , และ  $Q_{10(\text{Sensory})}$  ค่า  $\theta_{\alpha(\%K)}$ ,  $\theta_{\alpha(\text{TVB})}$ , และ  $\theta_{\alpha(\text{Sensory})}$  แต่ละค่าและค่า  $T_i$  (ค่าที่กำหนดเป็นค่าอุณหภูมิต่างๆ ที่สูงกว่า  $0^{\circ}\text{C}$ ) มาแทนค่าในสูตร B จะได้ค่า  $\theta_{T_i(\%K)}$ ,  $\theta_{T_i(\text{TVB})}$ , และ  $\theta_{T_i(\text{Sensory})}$  เป็นอายุการเก็บรักษาของปลาทรายแดงที่อุณหภูมิต่างๆ ที่สูงกว่า  $0^{\circ}\text{C}$  ในระดับคุณภาพเกรด A, B, และ C ตามลำดับ

3. คาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับจนถึงผู้บริโภค

3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในปลาทรายแดงตั้งแต่จับขึ้นจากเรืออวนลากจนถึงผู้บริโภคด้วยการใช้ Datalogger 4 ตัวเสียบติดไว้กับตัวปลา 4 ตัว

3.2 อ่านค่าอุณหภูมิของตัวปลาและระยะเวลาที่อุณหภูมินั้นๆ คงอยู่ จาก Datalogger ที่เสียบไว้

3.3 นำค่าที่อ่านได้ทั้ง 4 ชุดมาเฉลี่ย (ได้ค่า  $T_i$  และ ค่า  $\theta_{T_i}$ ) แล้วคำนวณโดยใช้สูตร B ได้อายุการเก็บ ( $\theta_0$ ) ที่เป็นจริงของแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายปลาทรายแดง แล้วนำค่าที่ได้นี้ไปหาอายุการเก็บที่เหลือในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับจนถึงผู้บริโภค จะได้อายุการเก็บที่เหลือของปลาทรายแดงใน  $0^{\circ}\text{C}$  ที่คุณภาพระดับเกรด A เกรด B และเกรด C

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. การศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ 0 °C และ 10 °C

จากการทดลองเก็บปลาทรายแดงในตู้เย็นอุณหภูมิ 0 °C และ 10 °C ได้อายุการเก็บและระดับคุณภาพเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ เมื่อนำไปหาความสัมพันธ์(Correlation) ระหว่างอายุการเก็บกับระดับคุณภาพและทำเป็นสมการ Regression equation แล้ว ได้สมการเส้นตรง 6 สมการและหาค่าอายุการเก็บที่ระดับคุณภาพตามที่กำหนดไว้จากสมการทั้ง 6 ดังแสดงในตารางที่ 1 ปลาทรายแดงที่มีคุณภาพระดับเกรด A อายุการเก็บที่อุณหภูมิ 0 °C ( $\theta_{0(\%K)}$ ) = 4.3 วันและอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 10 °C ( $\theta_{10(\%K)}$ ) = 0.75 วัน คุณภาพระดับเกรด B อายุการเก็บที่อุณหภูมิ 0 °C ( $\theta_{0(TVB)}$ ) = 12.53 วันและอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 10 °C ( $\theta_{10(TVB)}$ ) = 4.21 วันและคุณภาพระดับเกรด C อายุการเก็บที่อุณหภูมิ 0 °C ( $\theta_{0(\text{Sensory})}$ ) = 16 วันและอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 10 °C ( $\theta_{10(\text{Sensory})}$ ) = 8.08 วัน

ตารางที่ 1 : สมการจากการทดลองหาอายุการเก็บที่สัมพันธ์กับระดับคุณภาพของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ 0 °C และ 10 °C และการหาอายุการเก็บจากสมการตามเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้

เกรด	ตัวชี้วัดคุณภาพ	อุณหภูมิการเก็บ(°C)	*สมการเส้นตรงจากความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บกับระดับคุณภาพ	**ค่า Y ตามเกณฑ์ที่กำหนด	***อายุการเก็บ(วัน)
A	%K	0	$Y = 11.68 + 2.1674X$	21	4.3
A	%K	10	$Y = 11.68 + 12.427X$	21	0.75
B	TVB	0	$Y = 8.47 + 1.7183X$	30	12.53
B	TVB	10	$Y = 8.47 + 5.114X$	30	4.21
C	Sensory	0	$Y = 9.42 - 0.401X$	3	16
C	Sensory	10	$Y = 9.42 - 0.795X$	3	8.08

\* Y คือระดับคุณภาพที่วัดด้วยค่า %K, TVB, และ Sensory score X คืออายุการเก็บ(วัน)

\*\* เป็นระดับคุณภาพที่กำหนดเกณฑ์หมดอายุการเก็บ

\*\*\* เป็นค่า X ที่ได้จากการแทนค่า Y ในสมการ

จากตารางที่ 1 สมการเกรด A (วัดด้วย %K) ทั้ง 0 °C และ 10 °C ได้ค่า Y intercept = 11.68 แสดงว่าปลาทรายแดงที่มีคุณภาพสดที่สุด(อายุการเก็บ 0 วัน) มีค่า %K = 11.68% เท่านั้น ในทำนองเดียวกัน ในสมการเกรด B และ C ที่วัดด้วยค่า TVB และ Sensory score ปลาทรายแดงที่สดที่สุดมีค่า TVB = 8.47 mg/100g และมีค่า Sensory score = 9.42 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน

2. คาดคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วยวิธี Accelerated Shelf Life Testing(ASLT)

จากตารางที่ 1 เมื่อได้อายุการเก็บที่เก็บในอุณหภูมิ 0°C และ 10°C ที่ระดับคุณภาพต่างๆ แล้ว นำมาหาค่า  $Q_{10}$  ของปลาทรายแดงในแต่ละระดับคุณภาพ ได้ค่า  $Q_{10(\%K)} = 5.73$ ,  $Q_{10(TVB)} = 2.97$ , และ  $Q_{10(Sensory)} = 1.98$  ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : การหาค่า  $Q_{10}$  จากอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ 0°C และ 10°C ในคุณภาพระดับเกรด A, B, และ C

ระดับคุณภาพ	อายุการเก็บของปลาทรายแดง(วัน)ใน		$Q_{10} = \theta_0 / \theta_{10}$
	0°C ( $\theta_0$ )	10°C ( $\theta_{10}$ )	
เกรด A (วัดด้วย %K)	4.3	0.75	5.73 ( $Q_{10(\%K)}$ )
เกรด B (วัดด้วย TVB)	12.53	4.21	2.97 ( $Q_{10(TVB)}$ )
เกรด C (วัดด้วย Sensory)	16	8.08	1.98 ( $Q_{10(Sensory)}$ )

จากสูตร B เมื่อแทนค่า  $Q_{10(\%K)}$  ด้วยค่า 5.73 และ  $\theta_{0(\%K)}$  ด้วยค่า 4.3 และ T, ด้วยค่าต่างๆ ตั้งแต่ 0 จนถึง 47 °C (เพื่อให้ครอบคลุมการเน่าเสียอันเนื่องมาจาก Bacteria ทั้งชนิด Psychrophiles, Mesophiles, และ Thermophiles) ได้ค่าอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่อุณหภูมิ 0°C ถึง 47°C ( $\theta_{0(\%K)}$  จนถึง  $\theta_{47(\%K)}$ ) ในทำนองเดียวกันค่า  $\theta_{0(TVB)}$  จนถึง  $\theta_{47(TVB)}$  และค่า  $\theta_{0(Sensory)}$  จนถึง  $\theta_{47(Sensory)}$  สามารถหาได้ด้วยวิธีเดียวกันดังแสดงในตารางที่ 3 เช่น อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ 10, 20, 30, 40°C ที่คุณภาพระดับเกรด A มีอายุการเก็บนานประมาณ 18 ชม. (0.7504 วัน), 3 ชม. (0.1309 วัน), 33 นาที(0.0228 วัน) และ 5.7 นาที(0.0039 วัน) ตามลำดับ เมื่อเทียบกับที่เก็บที่ 0°C เท่ากับ 4.3 วัน ที่คุณภาพระดับเกรด B มีอายุการเก็บประมาณ 4.2 วัน, 1.4 วัน, 11 ชม.(0.478 วัน) และ 3.8 ชม.(0.161 วัน) ตามลำดับ เมื่อเทียบกับที่เก็บที่ 0°C เท่ากับ 12.53 วัน และที่คุณภาพระดับเกรด C มีอายุการเก็บประมาณ 8, 4, 2 และ 1 วันตามลำดับ เมื่อเทียบกับที่เก็บที่ 0°C เท่ากับ 16 วัน และจากการใช้สูตรสมการ A สามารถหาค่า Q ณ อุณหภูมิต่างๆ เป็นค่า  $Q_5, Q_{10}, Q_{15}, Q_{20}, Q_{25}, Q_{30}, Q_{35}, Q_{40}$  ได้เพื่อสังเกตความเสื่อมคุณภาพของการเน่าเสียที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นที่เท่าของการเน่าเสียที่อุณหภูมิ 0°C ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 เดียวกัน เช่น ที่คุณภาพระดับเกรด A ปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ 10, 20, 30, 40°C มีการเน่าเสียเร็วกว่าที่เก็บที่ 0°C ประมาณ 6 เท่า( $Q_{10}=5.73$ ), 33 เท่า( $Q_{20}=32.8$ ), 188เท่า( $Q_{30}=188.13$ ) และ 1078 เท่า( $Q_{40}=1077.99$ ) ตามลำดับ ที่คุณภาพระดับ B ปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ 10, 20, 30, 40°C เน่าเสียเร็วกว่าที่เก็บที่ 0°C ประมาณ 3, 9, 26 และ 78 เท่าตามลำดับและที่คุณภาพระดับเกรด C ปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิ 10, 20, 30, 40°C เน่าเสียเร็วกว่าที่เก็บที่ 0°C ประมาณ 2, 4, 8 และ 15 เท่าตามลำดับ ดังนั้นปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิต่างๆ อายุการเก็บจะยิ่งสั้นมากและอัตราการเสื่อมสลายหรือเน่าเสียจะเพิ่มเป็นทวีคูณเมื่อเทียบกับปลาทรายแดงที่เก็บที่ 0°C

ตารางที่ 3: อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิตั้งแต่ 0 °C ถึง 47 °C ที่วัดด้วยจุดหมดอายุที่ระดับคุณภาพเกรด A, B และ C และค่า Q ที่แสดงถึง Sensitivity การนำเสียของปลาทรายแดงที่เก็บที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นที่ถ่ายของที่เก็บที่อุณหภูมิ 0 °C

ตัวชี้วัดและระดับคุณภาพ ที่แสดงการหมดอายุ	อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ 0 °C-15 °C ( วัน )															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
%K = 21%(เกรดA)	4.3	3.61121	3.03276	2.54696	2.13898	1.79635	1.50861	1.26695	1.06401	0.89357	0.75044	0.63023	0.52928	0.4445	0.37329	0.3135
TVB= 30mg/100g(เกรดB)	12.53	11.2376	10.0786	9.03908	8.10678	7.27064	6.52074	5.84819	5.24501	4.70403	4.21886	3.78372	3.39346	3.04346	2.72956	2.44803
Sensory score=3(เกรดC)	16	14.9435	13.9568	13.0353	12.1746	11.3707	10.6199	9.91869	9.26377	8.6521	8.08081	7.54724	7.04891	6.58348	6.14878	5.74278

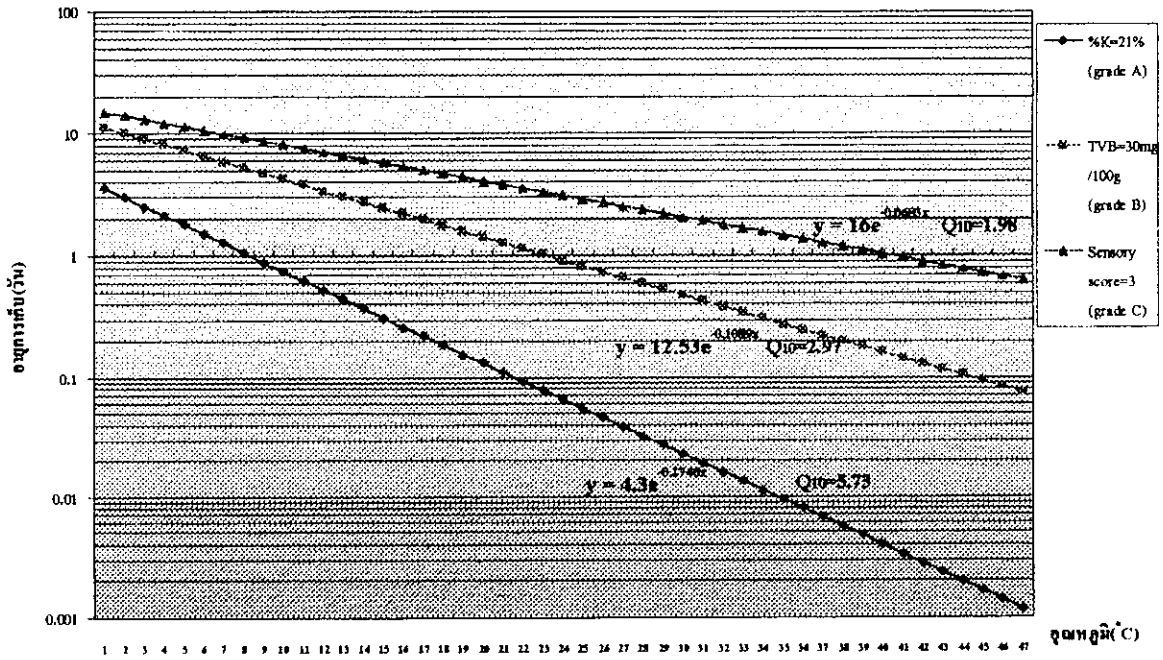
ตัวชี้วัดและระดับคุณภาพ ที่แสดงการหมดอายุ	อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ 16 °C-31 °C ( วัน )															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
%K = 21%(เกรดA)	0.26328	0.22111	0.18569	0.15595	0.13097	0.10999	0.09237	0.07757	0.06515	0.05471	0.04595	0.03859	0.03241	0.02722	0.02286	0.0192
TVB= 30mg/100g(เกรดB)	2.19554	1.96909	1.76599	1.58385	1.42049	1.27398	1.14258	1.02473	0.91904	0.82425	0.73924	0.66299	0.59461	0.53328	0.47828	0.42895
Sensory score=3(เกรดC)	5.36359	5.00944	4.67867	4.36975	4.08122	3.81174	3.56005	3.32499	3.10544	2.90039	2.70888	2.53002	2.36297	2.20694	2.06122	1.92512

ตัวชี้วัดและระดับคุณภาพ ที่แสดงการหมดอายุ	อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิ 32 °C-47 °C ( วัน )															
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
%K = 21%(เกรดA)	0.01612	0.01354	0.01137	0.00955	0.00802	0.00673	0.00566	0.00475	0.00399	0.00335	0.00281	0.00236	0.00198	0.00167	0.0014	0.00118
TVB = 30mg/100g(เกรดB)	0.38471	0.34503	0.30944	0.27753	0.2489	0.22323	0.20021	0.17956	0.16104	0.14443	0.12953	0.11617	0.10419	0.09344	0.08381	0.07516
Sensory score=3(เกรดC)	1.79801	1.67929	1.56841	1.46485	1.36812	1.27779	1.19342	1.11462	1.04102	0.97228	0.90808	0.84812	0.79212	0.73982	0.69097	0.64535

	Q <sub>0</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>15</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>30</sub>	Q <sub>35</sub>	Q <sub>40</sub>
%K(เกรด A)	1	2.39374	5.73	13.7161	32.8329	78.5935	188.133	450.341	1078
TVB(เกรด B)	1	1.72337	2.97	5.11841	8.8209	15.2017	26.1981	45.1489	77.8083
Sensory(เกรด C)	1	1.40712	1.98	2.78611	3.9204	5.51649	7.76239	10.9227	15.3695

shelf-life 0 °C (%K)                    =            4.3 วัน  
 shelf-life 0 °C (TVB)                    =            12.53 วัน  
 shelf-life 0 °C (Sensory)                =            16 วัน

จากข้อมูลในตารางที่ 3 สามารถนำมาทำเป็นกราฟแบบ Semilog (เนื่องจากอายุการเก็บได้จากค่าอุณหภูมิที่อยู่ในรูปยกกำลัง Exponential) ระหว่างอายุการเก็บ(ค่าบนแกน Y ที่เป็น log scale)กับอุณหภูมิ(ค่าบนแกน X) ได้ดังในรูปกราฟที่ 1 จากรูปกราฟที่ 1 ได้สมการอยู่ในรูปของ Exponential 3 สมการคือ  $Y = 4.3e^{-0.1746x}$  เป็นสมการที่ใช้ทำนายอายุการเก็บของปลาทรายแดงในอุณหภูมิต่างๆ ที่มีคุณภาพในระดับเกรด A โดยค่า Y คืออายุการเก็บ ( $\theta_{T_i}$ ) มีหน่วยเป็นวัน และ x คืออุณหภูมิ ( $T_i$  °C) และมีค่า  $Q_{10(\%K)} = 5.73$  ( $Q_{10(\%K)} = \theta_{0(\%K)} / \theta_{10(\%K)} = 4.3/4.3e^{-0.1746(10)} = e^{1.746} = 5.73$ ),  $Y = 12.53e^{-0.1089x}$  เป็นสมการที่ใช้ทำนายอายุการเก็บของปลาทรายแดงในอุณหภูมิต่างๆ ที่มีคุณภาพในระดับเกรด B และมีค่า  $Q_{10(TVB)} = 2.97$  (มาจาก  $e^{1.089}$ ) และ  $Y = 16e^{-0.0683x}$  เป็นสมการที่ใช้ทำนายอายุการเก็บของปลาทรายแดงในอุณหภูมิต่างๆ ที่มีคุณภาพในระดับเกรด C และมีค่า  $Q_{10(Sensory)} = 1.98$  (มาจาก  $e^{0.683}$ ) โดยสมการทั้ง 3 สมการสามารถแทนค่า x ด้วยอุณหภูมิต่างๆ แล้วจะได้ค่า Y ที่เป็นอายุการเก็บ ณ อุณหภูมินั้นๆ ออกมาได้ และค่า  $Q_{10}$  (5.37, 2.97, 1.98) หรือค่าสัมประสิทธิ์ของ x (0.1746, 0.1089, 0.0683) สามารถใช้เป็นค่าพิจารณาความลาดเอียงลงของเส้นกราฟได้ คือถ้าค่ามากความลาดเอียงลงของกราฟก็จะมาก แสดงว่าอัตราการเสื่อมสลายหรือเน่าเสียของปลาทรายแดงที่มีคุณภาพระดับ A จะเสื่อมสลายเร็วกว่าทำให้อายุการเก็บของปลาทรายแดงสั้นกว่าคุณภาพในระดับเกรด B และเกรด B อายุการเก็บสั้นกว่าในระดับเกรด C ณ การเก็บที่อุณหภูมิเดียวกันและดูอายุการเก็บที่ 0 °C (4.3, 12.53, 16) ได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของ e ในแต่ละสมการได้เช่นเดียวกัน



รูปกราฟที่ 1 : เปรียบเทียบอายุการเก็บของปลาทรายแดงในระดับคุณภาพเกรด A, B และ C และจากสมการสัมประสิทธิ์ของ  $e$  คืออายุการเก็บในอุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ยิ่งน้อยและค่า  $Q_{10}$  ยิ่งมาก อายุการเก็บในอุณหภูมิต่างๆ ที่สูงขึ้นถึงต้น

จาก Doyle (1989) ได้อ้างถึงทฤษฎี Relative spoilage rate of fish จากอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้เน่าเสีย มีการใช้สูตรสำหรับการทำนายค่าอายุการเก็บของสัตว์น้ำที่มีการเน่าเสียอันมาจากแบคทีเรียคือ  $r = (0.1t+1)^2$  (โดย  $r$  คือ Relative rate of spoilage หรือคืออัตราการเน่าเสีย ณ อุณหภูมิหนึ่งเมื่อเทียบกับอัตราการเน่าเสียที่  $0^{\circ}\text{C}$  ซึ่งก็คือค่า  $Q_{10}^{TV/10}$  ของการวิจัยนี้ ดูจากสูตร B,  $t$  คือ อุณหภูมิ  $^{\circ}\text{C}$ ) ดังนั้นถ้าปลาทรายแดงเก็บไว้ที่ 10, 20, 30 และ  $40^{\circ}\text{C}$  ได้ค่า  $r_{10}, r_{20}, r_{30}, r_{40} = 4, 9, 16$  และ 25 ตามลำดับ แต่จากการทดลองครั้งนี้ค่า  $Q_{10}, Q_{20}, Q_{30}, Q_{40}$  ของเกรด A ที่วัดด้วย %K เท่ากับ 5.73, 33, 188, 1078 ของเกรด B ที่วัดด้วย TVB เท่ากับ 2.91, 8.82, 26.10, 77.81 ของเกรด C ที่วัดด้วย Sensory เท่ากับ 1.98, 3.92, 7.76 และ 15.37 ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งค่า  $r$  ของ Doyle (1989) น่าจะเทียบกับค่า  $Q$  ที่ใช้การวัดด้วยค่า TVB มีความใกล้เคียงในอุณหภูมิมาระยะต้น 10,  $20^{\circ}\text{C}$  เท่านั้น (เปรียบเทียบ 4 กับ 2.91 และ 9 กับ 8.82) ถ้าอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ ( $30, 40^{\circ}\text{C}$ ) ค่า  $r$  ของ Doyle (1989) มีค่าต่ำกว่ามาก สำหรับค่า  $Q$  ที่วัดด้วย %K และ Sensory มีค่าไม่ใกล้เคียงเลข Huss (1995) กล่าวว่าการใช้สูตรสมการ  $r = (0.1t+1)^2$  เหมาะสำหรับปลาที่อยู่ในเขตหนาว (Temperate fish) แต่ไม่เหมาะสำหรับปลาในเขตร้อน (Tropical fish) ที่มีอัตราการเน่าเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่รวดเร็วกว่า ดังนั้นจึงควรใช้สูตรสมการอัตราการเน่าเสียเป็น  $\ln(r) = 0.12 t^{\circ}\text{C}$  แทน น่าจะถูกต้องกว่า จากการแทนค่าด้วยอุณหภูมิ 10, 20, 30 และ  $40^{\circ}\text{C}$  ในสมการใหม่นี้จะได้  $r_{10}, r_{20}, r_{30}, r_{40}$  ใหม่คือ 3.32, 11.02, 36.60 และ 121.51 ( $e^{0.12t}$ ) ตามลำดับ (แสดงไว้ในตารางที่ 4) ซึ่งใกล้เคียงกับค่า  $Q$  ที่ใช้ TVB เป็น

ตัวชี้วัด โดยใกล้เคียงในอุณหภูมิระดับเช่นเดียวกัน (เปรียบเทียบ 2.91 กับ 3.32 และ 8.82 กับ 11.02) แต่ อุณหภูมิที่สูงกว่านี้ค่า  $r$  ของ Huss (1995) กลับสูงกว่าค่า  $Q_{(TVB)}$  ของการทดลองครั้งนี้และสูงกว่าค่า  $r$  ของ Doyle (1989) 2-5 เท่า (เปรียบเทียบ 36.60 กับ 16 และ 121.51 กับ 25) ดังนั้นการเลือกใช้ค่า  $Q$  ในการ คาคคะเนอายุการเก็บของสัตว์น้ำสด ถ้าต้องการให้สอดคล้องกับการเน่าเสียอันเนื่องมาจากการย่อยสลายของ บัคเตรี จึงควรใช้ค่า  $Q$  ที่วัดด้วยค่า TVB น่าจะเหมาะสม เพราะค่า TVB เป็นค่าของสารระเหยต่างที่เกิดจาก การย่อยสลายของบัคเตรีเช่นเดียวกัน แต่เหมาะสำหรับใช้คาคคะเนอายุการเก็บของปลาที่เก็บที่อุณหภูมิไม่สูง นัก เพราะค่า  $Q_{(TVB)}$  กับ  $r$  ของทั้ง Doyle (1989) กับ Huss (1995) จะต่างกันมากที่อุณหภูมิสูงๆ อันมีผลทำให้ การคาคคะเนอายุการเก็บที่อุณหภูมิสูงๆ ผิดพลาดไปมากได้ แต่สำหรับการคาคคะเนอายุการเก็บด้วยค่า  $Q_{(%K)}$  ที่วัดด้วย %K น่าจะใช้ได้กับปลาที่มีคุณภาพความสดสูง การเน่าเสียอันเนื่องมาจากบัคเตรียังไม่เกิด แต่การ เกิด Autolysis ย่อยสลายอันเนื่องมาจาก Enzymatic reaction จะเกิดหลังปลาตายทันที ซึ่ง %K ก็เป็นตัวชี้วัดที่ เกิดจากการวัดค่าของ ATP และ derivative ของ ATP ที่เป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลาหลังปลาตายอยู่แล้ว สำหรับค่า  $Q_{(Sensory)}$  ที่วัดด้วยค่าทาง Sensory เป็นการวัดทางอ้อม (subjective) ที่ใช้ความรู้สึกของคนเป็น สื่อกกลางในการแปลผลระดับความสดของปลาออกมา อัตราการเสื่อมคุณภาพของปลาจึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิโดยตรง แต่ขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะต่างๆ ของปลาและความไวในการรับรู้ (detection sensitivity) ของคนด้วย ถึงแม้ที่  $10^{\circ}\text{C}$  อัตราการเสื่อมคุณภาพของปลาในทางเคมี (การเปลี่ยนแปลงของ เอนไซม์ และ TVB ขึ้นกันอุณหภูมิโดยตรง) จะเสื่อมเร็วกว่าที่  $0^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 3-6 เท่า แต่ในทาง Sensory คุณลักษณะต่างๆ ของปลาที่  $10^{\circ}\text{C}$  มีการเสื่อมเร็วกว่าที่  $0^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 2 เท่า และความไวในการรับรู้ถึงความ แตกต่างของการเสื่อมของคุณลักษณะมีน้อย จึงมีผลทำให้ค่า  $Q_{(Sensory)}$  มีค่าต่ำเมื่อเทียบกับ  $Q_{(%K)}$  และ  $Q_{(TVB)}$

ตารางที่ 4 : การเปรียบเทียบ Relative spoilage rate of fish ( $r$ ) ของ Doyle(1989) และ Huss(1995) กับ  $Q_{10}$  จาก การทดลองที่คาคคะเนในอุณหภูมิการเก็บต่างๆ

อุณหภูมิการเก็บ ของปลา ( $^{\circ}\text{C}$ )	$r = (0.1t+1)^2$ Doyle (1989)	$\text{Ln}(r) = 0.12t$ Huss (1995)	$Q_{10}^{(TV10)}$ จากการคาคคะเน		
			เกรด A	เกรด B	เกรด C
10	4	3.32	5.73	2.91	1.98
20	9	11.02	33	8.82	3.92
30	16	36.60	188	26.10	7.76
40	25	121.51	1078	77.81	15.37

3. การคาคคะเนอายุการเก็บของปลาทรายแดงในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับจนถึงผู้บริโภค

ผลจากการรวบรวมอุณหภูมิและระยะเวลาที่อุณหภูมินั้นของปลาทรายแดง ในแต่ละขั้นตอน ของการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับขึ้นมาบนเรือประมงจนถึงผู้บริโภค โดยประมาณจากค่าเฉลี่ยแล้วได้ผลดังนี้คือ (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5) ปลาทรายแดงที่ถูกจับขึ้นจากทะเลมาบนคาคฟ้าเรือมีการคัดแยกและล้างใช้เวลา บนคาคฟ้าเรือ 1 ชม. อุณหภูมิในตัวปลาอยู่ที่  $28^{\circ}\text{C}$  นับเป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่หนึ่งของการเคลื่อนย้ายที่เริ่มคิด

อายุการเก็บรักษา หลังจากนั้นจึงเก็บปลาทรายแดงด้วยน้ำแข็งในกระบะและเรียงใส่ห้องเก็บห้องเรือจนเรือถึงฝั่งแล้วนำปลาขึ้นฝั่งที่ทำเทียบเรือประมงสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้เวลาทั้งหมด 6 วัน 8 ชม. อุณหภูมิในตู้ปลาอยู่ที่  $0^{\circ}\text{C}$  นับเป็นขั้นตอนที่สอง มีการซื้อขายชั่งน้ำหนักปลาที่ทำเทียบเรือประมงสิชล ใช้เวลา 2 ชม. อุณหภูมิในตู้ปลาอยู่ที่  $7^{\circ}\text{C}$  เป็นขั้นตอนที่สาม หลังจากการซื้อขายแล้วทยอยเก็บปลาขึ้นไว้บนรถตู้ฉนวนพร้อมใส่น้ำแข็ง รอจนได้สัตว์น้ำเต็มรถตู้จึงขนส่งไปสะพานปลามหาชัย จ. สมุทรสาคร และถึงสะพานปลามหาชัย ใช้เวลา 16 ชม. อุณหภูมิในตู้ปลาอยู่ที่  $2^{\circ}\text{C}$  เป็นขั้นตอนที่สี่ จากนั้นมีการเทปลาออกมาซื้อขายอีกครั้งที่สะพานปลามหาชัย ใช้เวลา 2 ชม. อุณหภูมิในตู้ปลาทรายแดงขึ้นไปอยู่ที่  $10.5^{\circ}\text{C}$  เป็นขั้นตอนที่ห้า แล้วขนส่งปลาทรายแดงที่กลบด้วยน้ำแข็งในหีบฉนวนจากสะพานปลามหาชัยถึงตลาดสดขายปลีกในกรุงเทพฯ ใช้เวลา 2 ชม. อุณหภูมิในตู้ปลาอยู่ที่  $0^{\circ}\text{C}$  เป็นขั้นตอนที่หก เมื่อปลาถึงตลาดสดในกรุงเทพฯ จึงทำการวางขายบนแผง มีการใส่น้ำแข็งบ้างจนกระทั่งมีผู้มาซื้อไปบริโภค ใช้เวลาบนแผงปลาขายปลีก 5 ชม. (เป็นเวลาประมาณการ โดยตามจากแม่ค้าขายปลา) โดยอุณหภูมิในตู้ปลาอยู่ที่  $6.5^{\circ}\text{C}$  เป็นขั้นตอนที่เจ็ด และในขั้นตอนที่แปดที่เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเคลื่อนย้ายปลาทรายแดง โดยสมมุติให้ผู้บริโภคเก็บปลาที่ซื้อไว้ในตู้เย็นได้ช่องแช่แข็งอีก 18 ชม. (เก็บค้างไว้ 1 คืน) ได้อุณหภูมิในตู้ปลาอยู่ที่  $3^{\circ}\text{C}$  เพื่อนำออกมาทำกับข้าวในตอนเช้า รวมระยะเวลาการเคลื่อนย้ายปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่จับขึ้นมาจากเรือประมงจนถึงผู้บริโภคใช้เวลาทั้งหมด 8.25 วัน

จากระยะเวลาการเก็บและอุณหภูมิในการเก็บต่างๆ ในทุกขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายดังกล่าวมาข้างต้น นำมาคำนวณหาอายุการเก็บที่เหลือของปลาทรายแดงใน  $0^{\circ}\text{C}$  ของแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายได้ โดยแบ่งการคำนวณหาอายุการเก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  ที่เหลือของปลาทรายแดงเป็นระดับคุณภาพเกรด A, B, และ C ว่าแต่ละระดับคุณภาพหมดอายุการเก็บลงเมื่ออยู่ในขั้นตอนไหนของการเคลื่อนย้าย ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 เช่นเดียวกัน วิธีการหาค่าต่างๆ ในตารางที่ 5 จาก Column ต่างๆ ในตารางที่ 5 นับจากซ้ายไปขวา สาม Column แรกเป็นข้อมูลของ ขั้นตอนและเวลาการเคลื่อนย้าย ระยะเวลาที่  $T^{\circ}\text{C}$  (แปลงจาก ชม. ใน Column 1 เป็น วัน) และอุณหภูมิ ( $T^{\circ}\text{C}$ ) ที่ได้จากการสำรวจข้างต้น สำหรับ Column ที่ 4 เป็นอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่  $0^{\circ}\text{C}$  ในระดับเกรด A ที่หมดไปในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้าย ได้จากการนำค่า  $Q_{10(\%K)} = 5.73$  มายกกำลัง  $T/10$  แล้วคูณด้วยระยะเวลาที่  $T^{\circ}\text{C}$  ของแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้าย Column ที่ 5 คืออายุการเก็บของปลาทรายแดงที่  $0^{\circ}\text{C}$  ที่เหลืออยู่ ได้จากอายุการเก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  ตั้งต้น (4.3 ใน Column 5) ลบด้วยอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่  $0^{\circ}\text{C}$  ที่หมดไปในแต่ละขั้นตอนใน Column 4 (ในขั้นตอนการเคลื่อนย้ายที่ 1 คือ 5.528 ได้อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่  $0^{\circ}\text{C}$  ที่เหลือในระดับเกรด A ในขั้นตอนการเคลื่อนย้ายที่ 1 อยู่ใน Column ที่ 5 คือค่า  $-1.228$  ถัดจากค่า 4.3 ลงมาหนึ่งค่า) ลบสลับกันลงไปเรื่อยๆ จนหมดอายุการเก็บที่เหลือหรือจนหมดทุกขั้นตอนของการเคลื่อนย้าย ทำเช่นเดียวกับอายุการเก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  ในระดับเกรด B และเกรด C ใน Column ที่ 6, 7 และ 8, 9 จากตารางที่ 5 อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่  $0^{\circ}\text{C}$  ในระดับเกรด A หมดอายุตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนที่หนึ่งของการเคลื่อนย้ายแล้ว เพราะใช้เวลา 1 ชม. (0.0416 วัน) ที่  $28^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเทียบเท่ากับอายุการเก็บใน  $0^{\circ}\text{C}$  ถึง 5.53 วัน ในขณะที่อายุการเก็บใน  $0^{\circ}\text{C}$  ในระดับเกรด A ของปลาทรายแดงเท่ากับ 4.3

วันเท่านั้น สำหรับอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่ 0°C ในระดับเกรด B และเกรด C เมื่อผ่านไปทั้ง 8 ขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายถึงผู้บริโภคนำไปปรุงอาหารแล้วยังเหลือระยะเวลาหรืออายุการเก็บใน 0°C อีก 2.5 และ 7 วัน (6.986) ตามลำดับ จึงจะหมดอายุการเก็บที่ 0°C ในระดับเกรด B และเกรด C แสดงว่าพฤติกรรม

ตารางที่ 5 : อายุการเก็บของปลาทรายแดงที่ 0°C ที่เหลืออยู่ในระดับเกรด A, B, C ในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับปลาทรายแดงขึ้น

บนเรือจนถึงผู้บริโภค			Q <sub>10(°C,K)</sub> 5.73		Q <sub>10(FWH)</sub> 2.97		Q <sub>10(Sensory)</sub> 1.98	
ขั้นตอน/เวลาของการเคลื่อนย้ายปลาทรายแดง	ระยะเวลาขงปลาทรายแดง ที่อยู่ที่ T <sub>i</sub> °C (วัน)	อุณหภูมิที่ T <sub>i</sub> °C	อายุการเก็บของปลาที่ 0°C					
			คุณภาพระดับเกรด A		คุณภาพระดับเกรด B		คุณภาพระดับเกรด C	
			อายุทั้งหมดไปในแต่ละขั้นตอน (วัน)	อายุที่เหลืออยู่ในแต่ละขั้นตอน (วัน)	อายุทั้งหมดไปในแต่ละขั้นตอน (วัน)	อายุที่เหลืออยู่ในแต่ละขั้นตอน (วัน)	อายุทั้งหมดไปในแต่ละขั้นตอน (วัน)	อายุที่เหลืออยู่ในแต่ละขั้นตอน (วัน)
(1) / 1 ชม.	0.041666667	28	5.528683133	-1.228683133	0.878024868	11.65197513	0.282131314	15.71786869
(2) / 6 วัน 8 ชม.	6.333333333	0	6.333333333	-7.562016466	6.333333333	5.318641799	6.333333333	9.384535353
(3) / 2 ชม.	0.083333333	7	0.282830987	-7.844847453	0.178545237	5.140096562	0.134426344	9.250109009
(4) / 16 ชม.	0.666666667	2	0.945234719	-8.790082173	0.828819634	4.311276928	0.764261142	8.485847867
(5) / 2 ชม.	0.083333333	10.5	0.521052048	-9.311134221	0.261344296	4.049932632	0.170732895	8.315114972
(6) / 2 ชม.	0.083333333	0	0.083333333	-9.394467554	0.083333333	3.966599298	0.083333333	8.231781639
(7) / 5 ชม.	0.208333333	6.5	0.647976517	-10.04244407	0.422717721	3.543881577	0.32478139	7.907000249
(8) / 18 ชม.	0.75	3	1.266215571	-11.30865964	1.03965249	2.504229087	0.920578485	6.986421764
(9)			0	-11.30865964	0	2.504229087	0	6.986421764
(10)			0	-11.30865964	0	2.504229087	0	6.986421764
(11)			0	-11.30865964	0	2.504229087	0	6.986421764
รวม	8.25		15.60865964		10.02577091		9.013578236	

- (1) คัดแยกและล้างปลาที่จับได้รวมตากฟ้าเรือก่อนใส่ภาชนะเก็บในห้องห้องเรือ
- (2) เก็บปลาในเรือจากแหล่งจับในทะเลจนถึงฝั่งท่าเทียบเรือจ.นครศรีธรรมราช
- (3) ซักแช่ปลาที่ท่าเทียบเรือประมง ย.สัชล จ.นครศรีธรรมราช
- (4) เก็บปลาบรรจุถุงรวมและขนส่งถึงสะพานปลามหาชัย จ.สมุทรสาคร
- (5) ซักแช่ปลาที่สะพานปลามหาชัย จ.สมุทรสาคร
- (6) ขนส่งปลาจากสะพานปลามหาชัยถึงตลาดสดในกรุงเทพฯ
- (7) ขายปลีกสัตว์น้ำสดที่ตลาดสดในกรุงเทพฯ
- (8) เก็บปลาสดที่ซื้อจ.ตลาดสดไปไว้ในตู้เย็นที่บ้านจนเริ่มนำมาทำเป็นอาหาร

การดูแลรักษาความเย็นให้แก่ปลาทรายแดงในการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับจนถึงผู้บริโภคนั้นมีผลต่ออายุการเก็บของปลาทรายแดงที่มีคุณภาพในระดับเกรด A เป็นอย่างมาก แต่คุณภาพระดับเกรด B และ C มีผลค่อนข้างน้อย แต่ขั้นตอนทั้งหมดนี้เป็นเพียงพฤติกรรมการดูแลรักษาอุณหภูมิปลาทรายแดงที่เลียนแบบส่วนหนึ่งของที่ปฏิบัติอยู่จริงเท่านั้น ยังไม่ได้คิดเรื่องของปลาตายในอวนขณะเรือประมงลากอวนอยู่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4 ชม. จึงกู้วนต่อครั้งและอุณหภูมิในน้ำทะเลสูงประมาณ 28°C ทำให้อายุการเก็บใน 0°C ที่ระดับเกรด A หมดไปถึง 22 วัน เกรด B หมดไป 3.5 วันและเกรด C หมดไปประมาณ 1 วัน หรือการละเลยไม่รักษาความเย็นของปลาขณะทำการชำแหละหรือเตรียมปลาก่อนแปรรูปใน โรงงานหรือในซูเปอร์มาร์เก็ตล้วนมีส่วนทำให้อายุการเก็บของปลาสั้นและคุณภาพต่ำลง ฯลฯ พฤติกรรมเหล่านี้ไม่ได้นำมาคิดรวมในขั้นตอนดังกล่าว และอีกกรณีหนึ่งคือการรวมระยะเวลาของอุณหภูมิที่ขึ้นลงหลายค่าที่ใกล้เคียงกันให้เป็นอุณหภูมิเดียวกันเพื่อง่าย



ต่อการคำนวณและแสดงผล ทำให้ค่าของอายุการเก็บที่คำนวณได้ผิดพลาดไปได้ แต่ทั้ง 2 กรณีดังกล่าวมาข้างต้นสามารถเพิ่มรายละเอียดของขั้นตอนและความละเอียดของระยะเวลาและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุกนาทีและทุกองศา เพิ่มเติมเข้าไปในตารางที่ 5 ได้ เพื่อการคำนวณหาอายุการเก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  ที่เหลือหรืออายุการเก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  ทั้งหมดไปในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายได้ถูกต้องตามความเป็นจริงหรือตามที่ต้องการได้

### สรุป

การทดลองหาอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บในอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่วัตถุดิบสัตว์น้ำมีโอกาสอยู่ในอุณหภูมินั้นได้ในระหว่างการเคลื่อนย้ายจากแหล่งจับจนถึงผู้บริโภค ทำให้ทราบว่าอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บไว้ที่  $0^{\circ}\text{C}$  หดอายุคุณภาพความสดสูงภายใน 4.3 วัน แต่เมื่อเก็บไว้ที่  $40^{\circ}\text{C}$  หดอายุภายในเวลาไม่เกิน 6 นาทีเท่านั้น และหมดอายุคุณภาพความสดปานกลางภายใน 12.5 วัน เมื่อเก็บไว้ที่  $0^{\circ}\text{C}$  แต่เมื่อเก็บไว้ที่  $40^{\circ}\text{C}$  หดอายุความสดปานกลางภายในเวลา 4 ชม. ในขณะที่ปลาทรายแดงหมดอายุคุณภาพความสดต่ำด้วยเวลา 16 วัน เมื่อเก็บไว้ที่  $0^{\circ}\text{C}$  และเมื่อเก็บไว้ที่  $40^{\circ}\text{C}$  หดอายุภายใน 1 วัน เป็นการแสดงถึงอัตราการเน่าเสียหรือการหมดอายุการเก็บของปลาทรายแดงที่เก็บที่  $40^{\circ}\text{C}$  เร็วกว่าที่เก็บที่  $0^{\circ}\text{C}$  ถึง 1078 เท่า ( $Q_{40^{\circ}\text{C}}$ ) ในระดับคุณภาพความสดสูง 78 เท่า ( $Q_{40^{\circ}\text{TVB}}$ ) ในระดับคุณภาพความสดปานกลางและ 16 เท่า ( $Q_{40^{\circ}\text{Sensory}}$ ) ในระดับคุณภาพความสดต่ำ ดังนั้นการหาอายุการเก็บที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ โดยเฉพาะอุณหภูมิที่ร้อนมากในฤดูร้อนที่อาจสูงกว่า  $40^{\circ}\text{C}$  เป็นข้อสังเกตสำหรับชาวประมงหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบสัตว์น้ำที่มีบทบาทในการนำส่งสัตว์น้ำมาถึงมือผู้บริโภค ถ้ามีการละเลยหรือไม่เอาใจใส่ปล่อยให้สัตว์น้ำมีอุณหภูมิเกิน  $40^{\circ}\text{C}$  เพียงไม่กี่นาทีหรือไม่กี่ชั่วโมง เมื่อรวมเวลากันในทุกขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายตั้งแต่จับจนถึงมือผู้บริโภค ถ้าเกิน 1 วันสัตว์น้ำนั้นก็สมควรนำมาบริโภคแล้ว ดังการทดลองครั้งนี้ได้เลียนแบบการปฏิบัติจริงของการเคลื่อนย้ายสัตว์น้ำจากทะเลถึงผู้บริโภค ปรากฏว่าปลาทรายแดงที่มีคุณภาพความสดสูงหมดอายุตั้งแต่จับขึ้นมาจากทะเลไม่ถึง 1 ชม. (46.6 นาที) เท่านั้น แต่ปลาทรายแดงที่มีคุณภาพความสดปานกลางและต่ำหลังถึงมือผู้บริโภคแล้ว (ใช้เวลามาจากทะเลถึงมือผู้บริโภค 8.25 วัน) ยังสามารถเก็บต่อในน้ำแข็ง ( $0^{\circ}\text{C}$ ) ได้อีก 2.5 และ 7 วันตามลำดับ

### ข้อเสนอแนะ

การหา  $Q_{10}$  ในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเก็บปลาในอุณหภูมิช่วงเดียวเท่านั้นคือ  $0^{\circ}\text{C}$  กับ  $10^{\circ}\text{C}$  การคาดคะเนอายุการเก็บในอุณหภูมิช่วงอื่นๆ ที่นอกเหนือจากอุณหภูมิที่ทดลอง ควรหาค่า  $Q_{10}$  ด้วยการทดลองเก็บปลาในอุณหภูมิต่างๆ ด้วย เช่น ในการทดลองครั้งนี้ใช้  $0^{\circ}\text{C}$  กับ  $10^{\circ}\text{C}$  ในการหาค่า  $Q_{10}$  แต่ในการคาดคะเนอายุการเก็บ มีการคาดคะเนอายุการเก็บในอุณหภูมิตั้งแต่  $0^{\circ}\text{C}$  ถึง  $47^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นการหาค่า  $Q_{10}$  ที่มาจากการทดลองหาอายุการเก็บในอุณหภูมิช่วง  $10^{\circ}\text{C}$  กับ  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  กับ  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$  กับ  $40^{\circ}\text{C}$  และ 40

$^{\circ}\text{C}$  กับ  $50^{\circ}\text{C}$  เพื่อใช้  $Q_{10}$  ของแต่ละช่วงอุณหภูมิคาดคะเนอายุการเก็บของปลาในอุณหภูมิของแต่ละช่วงนั้น จะให้ค่าที่ถูกต้องกว่า เพราะ Labuza and Schmidl (1985) กล่าวว่า ค่า  $Q_{10}$  ของช่วงอุณหภูมิสูงมีค่ามากกว่าค่า  $Q_{10}$  ของช่วงอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการใช้ค่า  $Q_{10}$  จากการทดลองครั้งนี้คาดคะเนอายุการเก็บในอุณหภูมิสูงอาจคาดคะเนต่ำกว่าความเป็นจริงได้คือที่อุณหภูมิสูงอาจเน่าเสียเร็วกว่าที่คาดคะเนนี้ แต่ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำเพราะมีข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือ

การทดลองครั้งนี้ใช้ปลาทรายแดงเพียงชนิดเดียวเป็นตัวแทนของปลาทะเลในการคาดคะเนอายุการเก็บของสัตว์น้ำเท่านั้น ควรมีการศึกษาปลาทะเลชนิดอื่นๆ รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมสัตว์น้ำเศรษฐกิจทุกชนิด สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนอายุการเก็บและคุณภาพของสัตว์น้ำในเชิงการค้าได้

## เอกสารอ้างอิง

- นงลักษณ์ สุทธิวิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 262 หน้า.
- Doyle, J.P. 1989. Seafood Shelf Life as a Function of Temperature. Alaska Sea Grant Marine Advisory Program. Alaska Sea Grant Publication. University of Alaska. Pub.no. ASG-30. 6 pp.
- Huss, H.H. 1995. Quality and Quality Changes in Fresh Fish. FAO Fisheries Technical Paper no. 348. Rome. FAO Fisheries Department. 195 pp.
- Labuza, T.P. 1982. Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, Inc. Westport, Connecticut, USA. 499 pp.
- Labuza, T.P. and M.K. Schmidl. 1985. Accelerated Shelf Life Testing of Foods. Food Technology. 39 (9) : 57-64
- Lima Dos Santos, C.A.M., D. James, and F. Teutscher. 1981. Guidelines for Chilled Fish Storage Experiments. FAO Fisheries Technical Paper no. 210, Rome. FAO Fisheries Department. 250 pp.
- Miwa, K. and S.J. Low. 1992. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. Marine Fisheries Research Department. Southeast Asian Fisheries Development Center. Singapore. pp. B8.1-B8.6, B12.1-B12.4.
- Ng. C.S. 1987. Determination of trimethylamine oxide (TMAO-N), trimethylamine (TMA-N), total volatile basic nitrogen (TVB-N) by Conway's method. 1987. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. Marine Fisheries Research Department. SEAFDEC. Singapore.
- Wheaton, F.W. and T.B. Lawson. 1985. Processing Aquatic Food Products. A Wiley-Interscience Publication. New York. 518 p.

ภาคผนวก ก.

แบบฟอร์มสำหรับการให้คะแนนการประเมินคุณภาพปลาทางประสาทสัมผัส

แบบฟอร์มการประเมินคุณภาพปลา

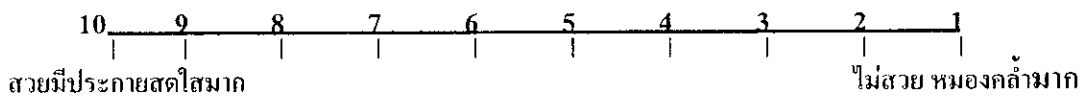
ผลิตภัณฑ์ ..... วันที่ ..... ชื่อ .....

คำแนะนำ : ท่านกำลังทดสอบคุณภาพของปลาทางประสาทสัมผัส โปรดให้คะแนนตามความรู้สึกที่ท่านได้รับรู้ โดยขีดเส้นตั้ง | ลงบนเส้นคะแนนที่ให้ไว้ ตัวอย่างจะมีรหัส 3 ตัว โปรดกำกับรหัสไว้ข้างบนเส้นที่ขีด

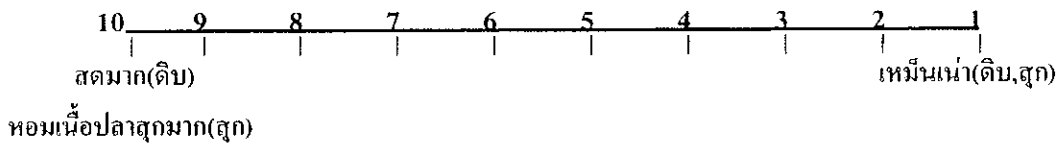
จุด Reject



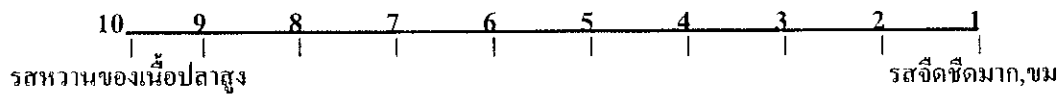
1. ลักษณะปรากฏโดยรวม



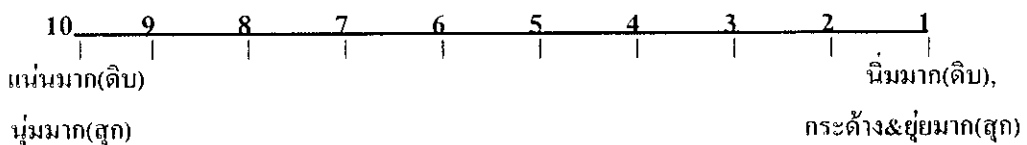
2. กลิ่น



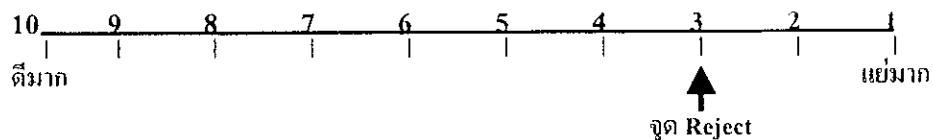
3. รสชาติ(ปลาสุก)



4. เนื้อสัมผัส



5. การยอมรับโดยรวม



ข้อเสนอแนะ : .....

ขอบคุณที่ทดสอบ

