การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งในบรรจุภัณฑ์เติมก๊าซไนโตรเจนโดยวิธีสภาวะเร่ง

Shelf-life Evaluation of Dehydrated Thai River Sprat (*Clupeichthys aesarnensis*) Product in Packaging with Nitrogen Gas using Accelerated Testing Method

รัชดา อุยยืนยงค์[1] กิตธวัช บุญทวี[1] และ ขนิษฐา หวังดี[2,*]
Ratchada Auyyuenyong[1], Kitthawat Boonthawee[1], & Kanitta Wangdee[2,*]

Received: January 4, 2023
Revised: April 26, 2023
Accepted: April 27, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาซิวแก้วอบแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์ และศึกษาผลของสภาวะการบรรจุ (สภาวะบรรยากาศปกติและเติมก๊าซไนโตรเจน) ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาด้วยสภาวะเร่งอุณหภูมิที่ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงคุณภาพด้านกลิ่นของอาหาร วิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน นาน 8 สัปดาห์ พบว่า อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์และระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งของสมการจลนพลศาสตร์ มีค่า R^2 สูงที่สุด สามารถคำนวณค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาด้วยสมการของอาร์รีเนียส โดยใช้ค่าเพอร์ออกไซด์ เท่ากับ 10 meq/kg เป็นเกณฑ์ สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ได้ 115, 99 และ 87 วัน (R^2 = 0.999) ตามลำดับ เมื่อบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติและ 137, 105 และ 92 วัน (R^2 = 0.978) ตามลำดับ ในสภาวะเติมก๊าซไนโตรเจน จากนั้นจึงคำนวณอายุการเก็บที่ 35 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษา 151 วัน ในบรรจุภัณฑ์เติมก๊าซไนโตรเจน สามารถกล่าวได้ว่าสภาวะการบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจนช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งได้ดีที่สุด

คำสำคัญ : ปลาซิวแก้ว จลนพลศาสตร์ การทดสอบอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ABSTRACT

The objective of this work is to study shelf-life of dried fish *Clupeichthys aesarnensis* with a solar parabolic dome and to study the effect of packing conditions, packed in laminated aluminium foil bag (atmospheric condition/ nitrogen flush) on the shelf-life of the products using an Accelerated Shelf-life Test (ASLT) at 30, 40 and 50 ℃, analyzed every 7 days for 8 weeks as a function of peroxide value. The result showed that increasing storage time is associated with increasing peroxide values for each storage temperature. The correlation between peroxide value and retention period was found that the peroxide value changes corresponded to the first-order kinetics with the highest R^2 value. The peroxide value was 10 meq/kg as a criterion. For the shelf-life of product evaluated by Arrhenius equation, the shelf-life of the products stored in atmospheric condition packaging at 30, 40 and 50 ℃ were 115, 99 and 87 days (R^2 = 0.999), respectively, while the shelf-life of products in nitrogen flush packaging were 137, 105 and 92 days (R^2 = 0.978), respectively. The predicted shelf life of the product at 35℃ was 151 days in nitrogen flush packaging. Results indicated that the nitrogen flush packing conditions could extend the shelf-life of dried fish products.

Keywords: Thai River Sprat, kinetic reaction, accelerated shelf-life testing

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

บทนำ

ปลาซิวแก้ว (Thai river sprat) มีชื่อเรียกอื่นๆ เช่น ปลาแก้ว ปลาแตบแก้ว หรือปลาแปบควาย เป็นต้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Clupeichtys aesarnensis* อยู่ในวงศ์ปลาหลังเขียว (Clupeidae) ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบมากในแม่น้ำโขงและลำน้ำสาขาเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบมากที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อน ลำปาว เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนสิรินธร ฤดูกาลทำประมงปลาซิวแก้วไม่สามารถทำได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้มีช่วงที่สามารถทำประมงปลาซิวแก้วได้เพียง 6 เดือนเท่านั้น คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนเมษายน การจับปลาซิวแก้วมีหลากหลายวิธี เช่น ใช้ไฟล่อในคืนเดือนมืด การหว่านแหและการยกยอ [1-3] ปลาซิวแก้วที่จับได้ในแต่ละครั้งมีปริมาณมาก ประมาณ 2-3 ตันต่อครั้ง ทำให้เกษตรกรนิยมนำไปแปรรูปเพื่อเป็นการถนอมอาหารไว้บริโภคและจำหน่าย ปลาซิวแก้วนิยมบริโภคและแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายชนิด เช่น ปลาแห้ง ปลาเจ่า น้ำปลา เป็นต้น ซึ่งปลาซิวแก้วเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีโปรตีนและแคลเซียมสูง โดยกระบวนการแปรรูปที่เป็นที่นิยมของกลุ่มเกษตรกรรอบเขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี คือ กระบวนการทำแห้ง ทำให้ปลาสามารถเก็บรักษาได้นาน มีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการขนส่ง แต่กระบวนการเก็บรักษาก่อนการจำหน่ายนั้น เกษตรกรบรรจุในถุงใส (PE) และเก็บในตู้เย็นก่อนการจัดส่งหรือจำหน่าย ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้เกษตรกรสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าในการติดตั้งตู้เย็น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุโดยการเติมก๊าซไนโตรเจน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยที่เกษตรกรไม่ต้องเก็บรักษาในตู้เย็น การบรรจุและการประเมินอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practice; GMP) และการขอรับอนุญาตสถานที่ผลิตอาหาร [4-5] ซึ่งการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาจะเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย เมื่อเกิดการเสื่อมเสีย จะมีผลให้คุณภาพสัตว์น้ำเปลี่ยนไปทันที โดยการเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ 1. การเสื่อมเสียทางกายภาพ (physical damage) จะทำให้ลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น การบูดเบี้ยว 2. การเสื่อมเสียทางเคมี (chemical damage) ที่พบในสัตว์น้ำส่วนมากเกิดจากการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) การเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา hydrolysis ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ในโมเลกุลของน้ำมันและไขมันแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยา rapid oxidation เกิดเป็นสารเอมีน แอมโมเนีย ส่งผลให้สัตว์น้ำมีกลิ่นรสเปลี่ยนไป มีการเปลี่ยนสีหรือการลดลงของคุณค่าทางอาหาร และ 3. การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ (microbial damage) ตรวจสอบได้จากค่า water activity (a_w) ซึ่งค่าจุลินทรีย์แต่ละประเภท จะมีค่า a_w ต่ำสุดที่จะเจริญได้ (minimum water activity) แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแล้ว หากลดค่า a_w ให้ต่ำกว่า 0.6 จะไม่มีจุลินทรีย์ใดสามารถเติบโตได้ [6] ส่วนใหญ่เกษตรกรจะทำการแปรรูปปลาซิวแก้วด้วยกระบวนการตากแห้ง โดยกระบวนการดังกล่าวสามารถลดปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระทำให้อาหารสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบอาจเสื่อมเสียได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหาร ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว ได้แก่ ชนิดของกรดไขมัน กรดไขมันอิสระ ความเข้มข้นของออกซิเจน อุณหภูมิ พื้นที่ผิวของลิพิดที่สัมผัสกับอากาศ ความชื้น เป็นต้น และวิธีการตรวจสอบการเกิดลิพิดออกซิเดชันสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์เพื่อหาค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) โดยค่าเพอร์ออกไซด์ หมายถึง มิลลิสมมูลของเพอร์ออกไซด์ออกซิเจน ต่อกิโลกรัมของไขมันหรือน้ำมัน ในระหว่างการเกิดออกซิเดชัน ค่าเพอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดและลดต่ำลง เพอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์แรกของการเกิดออโตออกซิเดชัน ซึ่งวัดปริมาณที่เกิดขึ้นได้โดยใช้ความสามารถของเพอร์ออกไซด์ ที่จะทำปฏิกิริยากับโพรแทสเซียมไอโอไดด์ได้เป็นไอโอดีนแล้วหาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นโดยไทเทรชันหรือไอโอดิเมตรี (iodimetry) [7] โดยทั่วไปแล้วอายุการเก็บรักษาของอาหารมักสัมพันธ์กับระยะเวลาและสภาวะในการเก็บ

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]Food Business and Nutrition Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University
[2]Food Technology Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University

รักษา โดยเมื่อระยะเวลามากขึ้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์ย่อมลดลง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงนี้จึงมักประยุกต์หลักการของปฏิกิริยาทางจลนพลศาสตร์ (reaction kinetics) เพื่อใช้ในการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงและประเมินอายุการเก็บรักษา [5] ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารภายใต้สภาวะเร่ง ได้แก่ การเร่งอุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์ เป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ให้ผลทดสอบเป็นที่น่าเชื่อถือ ที่สำคัญคือระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบอายุการเก็บรักษาอาหารในสภาวะเร่งใช้เวลาสั้นกว่าการศึกษาอายุการเก็บภายใต้สภาวะปกติ นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้สภาวะเร่ง ติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ซึ่งใช้เป็นดัชนีการเสื่อมเสียคุณภาพและสัมพันธ์กับการเกิดออกซิเดชันของไขมันด้วยการใช้สมการทางจลนพลศาสตร์ร่วมกับสมการอาร์เรเนียส ซึ่งเป็นสมการเส้นตรงคำนวณค่า R^2 แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของสมการที่ใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารได้ [8, 9] วิธีการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้ติดตามคุณภาพหรือการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหรือการเสื่อมเสียทางเคมี เป็นการวิเคราะห์คุณภาพทางคุณค่าโภชนาการ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต สารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ สารพิษหรือสารที่มีความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพ เช่น อะฟลาทอกซิน โลหะหนัก และไขมันทรานส์ รวมทั้งสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเสื่อมเสียของอาหาร เช่น สารเพอร์ออกไซด์ ค่ากรดอิสระ และสารไทโอบาร์บิทูริก [9] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งที่มีสภาวะบรรจุแตกต่างกันด้วยสภาวะเร่งอุณหภูมิ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการให้คำแนะนำและการจัดการสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมให้เกษตรกรต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) โดยทดลองด้วยวิธีการบรรจุ 2 แบบ คือ 1) เติมก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen flush) และ 2) สภาวะบรรยากาศปกติ (atmospheric condition) โดยบรรจุปลาซิวแก้วที่อบแห้งด้วยโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นาน 12 ชั่วโมง ลงในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 20x30 เซนติเมตร บรรจุถุงละ 500 กรัม และศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส วัดค่าเพอร์ออกไซด์ทุกๆ 7 วัน โดยมีระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสิ้น 2 เดือน (0, 7, 14, 28, 35, 42, 49 และ 56 วัน)

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้ง

วิเคราะห์ค่าสี (CIE L*, a*, b*) ของตัวอย่างปลาซิวแก้วอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะแตกต่างกัน นำตัวอย่างออกจากบรรจุภัณฑ์และเทลงในถ้วยแก้วสำหรับวัดค่าสี ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทำการวัดค่าสี L*, a* และ b* (L* คือค่าความสว่าง, a* คือค่าความเป็นสีแดง/ เขียว และ b* คือค่าความเป็นสีเหลือง/ สีน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model color Flex, Reston, VIRG, USA) และปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; a_w) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยนำปลาซิวแก้วอบแห้งบดละเอียดมาประมาณ 2 กรัม แล้วนำไปใส่ในภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง จากนั้นนำไปวัดค่า a_w โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่อง Novasina รุ่น Lab Master–aw neo (Gerhardt, Germany)

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้ง

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยการชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในภาชนะบรรจุตัวอย่าง อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 – 5 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องสำหรับวิเคราะห์ความชื้น (thermogravimetric analyzer) ยี่ห้อ Leco รุ่น TGA701 โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ [10]

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยการนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักในถ้วยกระเบื้อง (crucible) จำนวน 2 กรัม แล้วนำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เผาจนกว่าตัวอย่างจะเป็นสีเทา เป็นเวลาประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวางให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักเถ้าที่เหลืออยู่

3.3 การวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value; P.V.)

(1) การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์หาค่า Peroxide value ในน้ำมัน [11]

(2) การเตรียมตัวอย่างปลาซิวแก้วอบแห้ง นำตัวอย่างปลาซิวแก้วอบแห้งมาบดด้วย
เครื่องบดสับอาหารให้ละเอียด เก็บตัวอย่างในถุงพลาสติกปิดผนึกให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์

(3) การสกัดไขมันจากตัวอย่างปลาซิวแก้วอบแห้ง ชั่งตัวอย่าง 10 – 15 กรัม สกัดด้วย n-hexane 75 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืดนาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยเครื่องดูดกรองสาร และนำไประเหยเพื่อนำตัวทำละลายออก ใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในการระเหย โดยใช้เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ตัวอย่างน้ำมันถูกเก็บในขวดปิดสนิทที่ -40 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีการวิเคราะห์ [12]

(4) การวิเคราะห์ค่า Peroxide Value (P.V.) วิเคราะห์โดยใช้วิธี Iodometric titration โดยนำตัวอย่างน้ำมันจากปลาซิวแก้วอบแห้ง 0.5 กรัม ผสมกับสารละลาย acetic acid–chloroform 30 มิลลิลิตร เขย่าจนตัวอย่างน้ำมันละลาย เติมสารละลาย potassium iodide 0.5 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดนาน 1 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติมน้ำแป้ง (อินดิเคเตอร์) 0.5 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตกับ 0.01 M $Na_2S_2O_3$ จากวิธีทดลองสารเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับ potassium iodide solution ได้เป็นไอโอดีน (I_2) ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีน้ำตาล เมื่อเติมน้ำแป้งลงไปไอโอดีนจะแทรกเข้าไปในโมเลกุลแป้ง ทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เมื่อนำไปไทเทรตกับ สารละลาย $Na_2S_2O_3$ มาตรฐาน จะได้เป็น NaI_2 จุดยุติสังเกตได้จากสารละลายสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสารละลายไม่มีสี ค่า Peroxide value หมายถึง mili equivalent peroxide ต่อไขมันหรือน้ำมัน 1 กิโลกรัม [8]

$$\text{Peroxide value (mili equivalent peroxide/ kg oil or fat)} = \frac{S \times M \times 1000}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

โดยที่ S = (V1 + V2) - VB M = Molarity ของสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้ง

ทำการวิเคราะห์ยีสต์และรา โดยการบดตัวอย่างให้ละเอียด ชั่งน้ำหนัก 25 กรัม ทำการเจือจางตัวอย่างที่ระดับ 1:10 ด้วยสารละลาย Peptone water ร้อยละ 0.1 จากนั้นนำไปผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางแผ่นเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปแบบรวดเร็วสำหรับทดสอบยีสต์และรา (3M™ Petrifilm™ Aqua Yeast and Mold Count Plates) (AOAC 997.02, 2000) รอ 1 - 2 นาทีเพื่อให้เนื้อเจลแข็งตัว จากนั้นนำแผ่นฟิล์มไปวางในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 - 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 5 วัน

5. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและสารปนเปื้อน

วิเคราะห์องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งในปริมาณกินได้ 100 กรัม คำนวณหาปริมาณพลังงานทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ (AOAC, 1993) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1993) โปรตีน (AOAC 981.10, 2019) กรดไขมัน (AOAC 948.15, 2019) คลอเรสเตอรอล (AOAC 976.26, 2019) ใยอาหาร (AOAC 985.29, 2019) เถ้า (AOAC 920.153, 2019) เหล็ก โซเดียม และ แคลเซียม (AOAC 984.27, 2019) และสารปนเปื้อน (ตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม โดยวิธี

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]Food Business and Nutrition Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University
[2]Food Technology Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Analyst, August 1994, Vol.119 1683 - 1686 และสารหนู โดยวิธี AOAC Ch.9, 959.53 และ 999.10, 2000) โดยการส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ละ 650 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ ไปที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น

6. การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งโดยวิธีเร่งสภาวะ (Accelerated Shelf-life Testing; ASLT)

ศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการนำตัวอย่างปลาซิวแก้วอบแห้งบรรจุในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์และบรรจุด้วยการเติมก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen flush) และสภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างทุก 7 วัน ครั้งละ 1 ถุง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มาวิเคราะห์หาค่าเพอร์ออกไซด์ [9]

การทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะเร่งอุณหภูมิที่ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส โดยคำนวณจากปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (kinetic reaction) พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดปฏิกิริยา โดยวิเคราะห์การเกิดขึ้นของเพอร์ออกไซด์กับระยะเวลาการเก็บรักษา และวิเคราะห์ความสอดคล้องของอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยพิจารณากราฟเส้นตรงของปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (kinetic reaction) (Table 1) [5] เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารที่เวลาเริ่มต้น $[C]_0$ หรือความเข้มข้นของสารที่เวลาใดๆ [C] ที่เกิดขึ้น กับระยะเวลาการเก็บรักษา (t) และอุณหภูมิ (T) ที่แตกต่างกันที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ จะได้ค่าความชันของกราฟเท่ากับค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา (k) แล้วจึงคำนวณหาค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนอง (R-Squared, R^2) ซึ่งควรมีค่าเข้าใกล้ 1 เพื่อใช้พิจารณาเลือกอันดับปฏิกิริยา

Table 1 Kinetic reaction order

Reaction	Equation	Plot
Zero Order	$[C]_0 - [C] = k_0t$	$[C]_0 - [C]$ vs t
First Order	$\ln[C] = \ln[C]_0 - k_1t$	$\ln[C]$ vs t

เมื่อ $[C]_0$ = ความเข้มข้นเริ่มต้นของสาร k_0 = ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับศูนย์
[C] = ความเข้มข้นของสาร k_1 = ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง
t = ระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อเลือกอันดับการเกิดปฏิกิริยาได้แล้วจะใช้สมการของอาร์รีเนียส (Arrhenius equation) ทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 4 องศาเซลเซียส ดังสมการที่ 1 [5]

$$\theta_S = \theta_0 \exp(E_a/R).[1/ T_s - T_0] \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ θ_S หมายถึง อายุการเก็บที่อุณหภูมิ T_s

θ_0 หมายถึง อายุการเก็บที่อุณหภูมิ T_0

E_a หมายถึง พลังงานกระตุ้น (activated energy)

R หมายถึง ค่าคงที่ของแก๊ส (gas constant) เท่ากับ 8.314 J/mole K

T หมายถึง อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature, K)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ แต่ละสภาวะ การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ นำเสนอผลการทดลองด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±S.D.) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามต่างๆ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของแต่ละตัวแปรด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเชื้อจุลินทรีย์ของปลาซิวแก้วอบแห้ง

ปลาซิวแก้วอบแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 48.63±1.02, 1.54±0.19 และ 16.54±0.46 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาวใสปนเหลืองเล็กน้อย โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของปลาซิวแก้วอบแห้งที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาลมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากการได้รับอากาศและความชื้นจากภายนอก ทำให้ค่า a_w เพิ่มขึ้น และเร่งการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในระหว่างการเก็บรักษาให้เร็วขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ตามมา เช่น เนื้อสัมผัสเหนียว สีเข้มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงของสีอาจเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) และปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (caramelization reaction) [13] ปริมาณน้ำอิสระ 0.30±0.00 ความชื้นและเถ้า ร้อยละ 3.76 และ 9.40 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นของปลาซิวแก้วอบแห้งเป็นไปตามตามเกณฑ์มาตรฐานของ มผช. 6/2549 ที่กำหนดว่าต้องไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ทำให้ไม่พบยีสต์และรา ซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [14] ทั้งนี้อาจมาจากค่า a_w ที่น้อยกว่า 0.6 [6] และค่าเพอร์ออกไซด์ 0.837±0.09 meq/kg

2. คุณค่าทางโภชนาการและโลหะหนักของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ จากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น ผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงานทั้งหมด 432.22 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 22.38 กรัม โคเลสเตอรอล 548.29 มิลลิกรัม โปรตีน 57.40 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 0.30 กรัม เหล็ก 1.883 มิลลิกรัม ใยอาหาร 0.21 กรัม เถ้า 11.69 กรัม โซเดียม 252.139 มิลลิกรัม และแคลเซียม 1,941.170 มิลลิกรัม ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้ง ไม่พบสารหนู ปรอท และแคดเมียม แต่พบตะกั่ว 0.072 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้ง พบว่ามีปริมาณแคลเซียม 1,941.170 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 60 ของ Thai RDI ต่ออาหาร 100 กรัม ดังนั้นจึงสามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแคลเซียมสูง (high in calcium) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่องฉลากโภชนาการ ซึ่งได้ระบุว่าการกล่าวอ้างถึงผลิตภัณฑ์มีปริมาณแคลเซียมสูง (high in calcium) หรืออุดมด้วยแคลเซียม (rich in calcium) นั้นจะต้องมีปริมาณแคลเซียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของ Thai RDI ต่ออาหาร 100 กรัม [15] และจากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งถือว่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของ มผช. 6/2549

3. การเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV)

ค่าเพอร์ออกไซด์ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งเป็นสารอินเตอร์มีเดียตของปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน ทำให้เกิดกลิ่นหืนและคุณลักษณะที่ไม่พึงประสงค์แก่ผู้บริโภคได้ [7] การวิจัยนี้ได้ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ของปลาซิวแก้วอบแห้งที่มีสภาวะการบรรจุแตกต่างกัน 2 สภาวะ คือ บรรจุในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์เติมและไม่เติมก๊าซไนโตรเจน ทุกๆ 7 วัน นาน 2 เดือน พบว่า ค่าเพอร์ออกไซด์เริ่มต้นของตัวอย่างปลาซิวแก้วที่อบแห้งเท่ากับ 0.837 meq/kg เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในระยะแรก (0 - 21 วัน) ค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ($P \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นทำให้ค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นด้วย (Figure 1) เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะเร่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้มากกว่า [7]

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]Food Business and Nutrition Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University
[2]Food Technology Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University

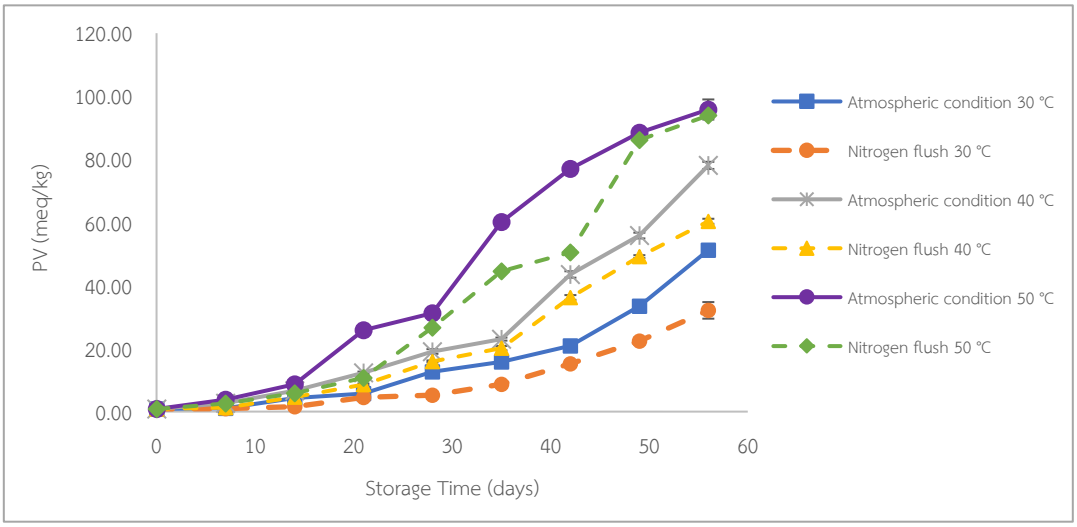

Figure 1 The change of peroxide value in difference storage temperature at 30°C, 40°C, and 50°C for 0 - 56 days (Atmospheric condition and Nitrogen flush)

4. การประเมินอายุการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) ซึ่งเป็นดัชนีที่แสดงคุณภาพด้านเคมีและการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บรักษา เพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ เป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 เนื่องจากได้กราฟ (ln PV vs Storage time) เป็นเส้นตรงมีค่า R^2 สูงที่สุด (Table 2) และสามารถทำนายระดับการเสื่อมเสียที่เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิได้ โดยมีความชันของกราฟเป็นค่า k (Reaction rate constant) (Table 3)

Table 2 R-Square of each kinetic model of degradation parameter of lipid oxidation in dehydrated Thai River Sprat

Kinetic Model	R-Square		
	30°C	40°C	50°C
Zero Order			
Atmospheric condition	0.892	0.923	0.973
Nitrogen flush	0.871	0.927	0.931
First Order			
Atmospheric condition	0.986	0.974	0.955
Nitrogen flush	0.993	0.984	0.978

Table 3 Reaction rate constants (k) of each packing conditions

Packing conditions	Reaction rate constants (k)		
	30°C	40°C	50°C
Atmospheric condition	0.079	0.092	0.105
Nitrogen flush	0.067	0.087	0.100

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

จาก Table 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เป็นผลให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ปริมาณเพอร์ออกไซด์ที่พบจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา นำค่า k (Table 3) มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ln k ของทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา (แกน y) กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์เคลวิน (1/T) (แกน x) จะได้กราฟความสัมพันธ์เส้นตรงอาร์รีเนียส (Arrhenius) เพื่อพยากรณ์อายุการเก็บรักษาปลาซิวแก้วอบแห้ง โดยกำหนดค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ ไม่เกิน 10 meq/kg อ้างอิงจากข้อกำหนดผลิตภัณฑ์น้ำมันและไขมันจากสัตว์ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 421 พ.ศ. 2564 เรื่อง น้ำมันและไขมัน) [16] จากสมการที่ 2 สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่มีสภาวะการบรรจุแตกต่างกัน เมื่อนำไปสร้างกราฟของอายุการเก็บรักษา (ln Shelf-life) กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (1/T) (Figure 2) สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ ดังแสดงใน Table 4

$$\ln C_A = kt + \ln C_{A0} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ C_A หมายถึง ค่าเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น
C_{A0} หมายถึง ค่าเพอร์ออกไซด์ที่จุดเริ่มต้น (ที่ t = 0)
k หมายถึง อัตราปฏิกิริยา (reaction rate constant)
t หมายถึง ระยะเวลาในการเก็บรักษา

Table 4 Shelf-life evaluation of difference packing conditions in dehydrated Thai River Sprat

Packing conditions	Shelf-life (days)			R-Square
	30°C	40°C	50°C	
Atmospheric condition	115	99	87	0.999
Nitrogen flush	137	105	91	0.978

จาก Table 4 พบว่าอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งที่บรรจุในสภาวะที่เติมก๊าซไนโตรเจน มีอายุการเก็บรักษานานกว่าการบรรจุในสภาพบรรยากาศปกติ เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนช่วยชะลอการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นของอาหารได้ โดยก๊าซไนโตรเจนช่วยไล่ออกซิเจนคงค้างภายในบรรจุภัณฑ์ออกไป ทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเหม็นหืนได้ การพ่นก๊าซไนโตรเจนเข้าไปเพื่อไล่อากาศในภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด ขนมขบเคี้ยวต่างๆ รวมถึงอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก เป็นขั้นตอนหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น [7]

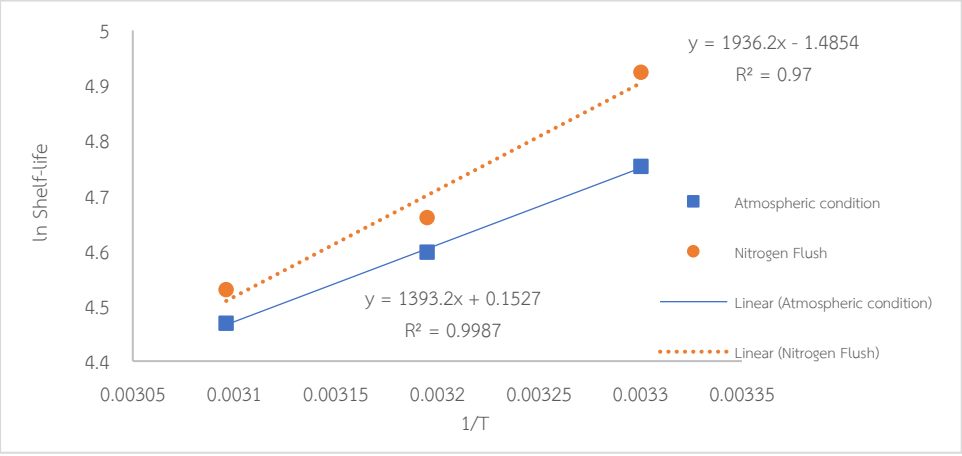

Figure 2 Shelf-life plot of each storage temperature (packing with and without N_2)

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]Food Business and Nutrition Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University
[2]Food Technology Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University

จาก Figure 2 แสดงความสัมพันธ์เส้นตรงอาร์เรเนียส จะได้ค่าความชันของกราฟ (slope = -Ea/R) เท่ากับพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา (J/mol) หารด้วยค่าคงที่ของแก๊สในอุดมคติ (8.314 J/mol K) พบว่า ค่าพลังงานกระตุ้นของสภาวะการเก็บในบรรยากาศปกติและสภาวะเติมก๊าซไนโตรเจน เท่ากับ 11583.06 J/mol และ 16097.56 J/mol ตามลำดับ ซึ่งพลังงานกระตุ้นที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในสภาวะการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติน้อยกว่าการบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ดังนั้นสภาวะการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติจึงถูกเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่า นอกจากนี้ จาก Figure 2 ทำให้สามารถทำนายแนวโน้มอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ดัง Table 5 ซึ่งได้คำนวณอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (35 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) มีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกันตามสภาวะการบรรจุ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งที่ทำการบรรจุในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์และเติมก๊าซไนโตรเจน สามารถเก็บได้นาน 151 วัน และ 314 วัน ที่อุณหภูมิ 35 และ 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สอดคล้องกับ Agarwal et al. (2018) ที่ศึกษาผลของการเติมก๊าซไนโตรเจนต่อกลิ่นรสของมันฝรั่งทอดกรอบรสชีสและหัวหอม โดยทำการทดลองเก็บที่สภาวะอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 10 สัปดาห์ พบว่า การเติมก๊าซไนโตรเจนช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของมันฝรั่งทอดกรอบได้ดีโดยยังคงไว้ซึ่งกลิ่นและรสชาติของชีสและหัวหอม [17] และ Promkhan et al. (2020) ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดอบกรอบบรรจุผลิตภัณฑ์ในกระป๋องพลาสติก (PET) ร่วมกับการใช้สารใช้สารดูดซับออกซิเจนสามารถเก็บรักษาได้นาน 102 วัน และบรรจุในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีการเติมก๊าซไนโตรเจนจะสามารถเก็บรักษาได้นาน 167 วัน [18] นอกจากนี้ยังมีการประเมินอายุการเก็บรักษาโดยสภาวะเร่งสารป้องกันการเกาะติดที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส วัดค่าเพอร์ออกไซด์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) มีค่าเพิ่มขึ้น ในทุกอุณหภูมิการเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารที่เกิดขึ้นกับเวลา พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์เป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 ความสัมพันธ์ของค่า ln PV กับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นลักษณะเชิงเส้นตรง จึงใช้ค่าเพอร์ออกไซด์ในการทำนายอายุการเก็บรักษาจากสมการอาร์รีเนียส พบว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สารป้องกันการเกาะติดจากน้ำมันปาล์มและไขผึ้งและจากน้ำมันปาล์มและไขคาร์นูบามีอายุการเก็บรักษา 82 และ 83 วัน ตามลำดับ [11]

Table 5 Shelf-life evaluation of difference packing conditions in dehydrated Thai River Sprat for each storage temperature

Packing conditions	Shelf-life (days)	
	4°C	35°C
Atmospheric condition	178	107
Nitrogen flush	314	151

สรุปผล

จากการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษาสภาวะการบรรจุแบบเติมและไม่เติมก๊าซไนโตรเจนในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 3.76 ปริมาณน้ำอิสระ 0.30 และค่าเพอร์ออกไซด์เริ่มต้น 0.837 meq/kg เก็บรักษาในสภาวะเร่งที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่าเพอร์ออกไซด์

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com
[1]สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

เพิ่มสูงมากกว่าสภาวะการบรรจุแบบเติมก๊าซไนโตรเจน ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากกว่า 21 วัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพอร์ออกไซด์นั้นสอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง และเมื่อทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งด้วยสมการอาร์รีเนียสที่อุณหภูมิ 35 ในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์ที่เติมก๊าซไนโตรเจน พบว่าสามารถเก็บได้นาน 151 วัน ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นานมากกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนานวัตกรรมจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ตลอดจนผู้ร่วมเป็นภาคีในการขับเคลื่อนงานวิจัยทุกท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Wongratana, T. (1983). Diagnoses of 24 new species and proposal of a new name for a species of Indo-Pacific clupeoid fishes. Japanese Journal of Ichthyology. 29(4): 385-407.

[2] Poungcharean, S. (2006). Distribution and Early-life Development of Thai River Sprat *Clupeichthys aesarnensis* Wongratana, Larvae, in Pasak Jolasid Reservoir, Lop Buri Province, Thailand. Kasetsart Journal. (Natural Science). 40: 188–195.

[3] Jutagate, T., De Silva, Sena S. and Mattson, N.S. (2001). Socio-economic status of River Sprat (*Clupeichthys aesarnensis*, Wongratana 1983) Lift-net fishers in Sirinthorn Reservoir, Thailand. pp 309-313. In De Silva, Sena S. (ed). Proceedings of an International Workshop held in Bangkok, Thailand from 15–18 February 2000. Watson Ferguson & Co., Brisbane.

[4] Pongsawatmanit, R. (2012). Product shelf life. In Pongsawatmanit, R. (ed.). Product development in Agro-industry. Kasetsart University Book Center, Bangkok. (In Thai).

[5] Phimolsiripol, Y. (2018). Techniques in shelf life evaluation of food products. Office of Research Administration, Chiang Mai University, Chiang Mai. (In Thai).

[6] Gibson, D.M. (1994). Preservation technology and shelf life of fish and fish products. In Man et al. (eds.). Shelf life evaluation of foods. Chapman&Hall, London.

[7] Rattanapanone, N. (2014). Food Chemistry (5th ed). Odeonstore, Bangkok. (In Thai).

[8] Jirapongsuwan, K., Niwet, J., Thiammueang, D., Arkanit, K. and Tippayakraisri, K. (2020). Comparison of the fried rice field crab thorax preparation methods on the antioxidant and lipid oxidation activities. pp 329-337. In Proceedings of 58th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics. (In Thai).

[9] Sinchaipanit, P., Peasura, N., Sangsuriyawong, A. and Disnil, S. (2022). Testing the shelf-life of food products under accelerated temperature. Burapha Science Journal. 27(3): 1930-1949. (In Thai).

[10] AOAC. (2000). Official Methods of Analysis (17th ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

[11] Temeeya, W. (2010). Manual of food analysis. Food Science and Technology,

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com

[1]Food Business and Nutrition Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University

[2]Food Technology Program, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University

School of Agro-Industry, Chiang Mai University. (In Thai).

[12] Hornero-Méndez, D., Pérez-Gálvez, A. and Mínguez-Mosquera, M. (2001). A rapid spectrophotometric method for the determination of peroxide value in food lipids with high carotenoid content. Journal of Oil&Fat Industries. 78. 10.1007/s11746-001-0404-y.

[13] Chankajonkul, S. (2021). Dying. Fisheries Industrial Technology Research and Development Division (FTDD), Department of Fisheries, Bangkok. (In Thai).

[14] TISI. (2006). Dried Fish. Thai Community Product Standard, TCPS 6/2006. Thai Industrial Standard Institute, Bangkok. (In Thai).

[15] The Ministry of Public Health. Nutrition Labeling (No. 182). (1998). Thai Government Gazette, general announcement. 115(47D): 49. (In Thai).

[16] The Ministry of Public Health. Edible Oils and Fats (No. 421). (2021). Thai Government Gazette, general announcement. 138(31D): 30. (In Thai).

[17] Agarwal, D., Mui, L., Aldridge, E., Mottram, R., McKinney, J. and Fisk, I.D. (2018). The impact of nitrogen gas flushing on the stability of seasonings: volatile compounds and sensory perception of cheese & onion seasoned potato crisps. Food and Function. 9(9): 4730–4741.

[18] Promkhan, S., Saithi, S. and Wongbasg, C. (2020). Effect of drying conditions and shelf life of crispy cricket product. Khon Kaen Agriculture Journal. 48(1): 1–12. (In Thai).

*Corresponding author email: kanitta.wa21@gmail.com

[1]สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี