

# การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร “น้ำปลาหวาน” โดยวิธีสภาวะเร่ง

พัชรีย์ จิตตพิทักษ์ชัย มานิตา ลูกน้ำเพชร ณิชชา รุจิวงศ์ษา ศุภิพร หยัตระกูลรัตน์ วิลาสินี เหมเนียม  
และ วชิราภา เขียวรอด

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ อำเภอเมือง สมุทรสงคราม 75000

**บทคัดย่อ** น้ำปลาหวานเป็นอาหารไทยพร้อมบริโภคชนิดเครื่องจิ้มสำหรับผลไม้รสเปรี้ยว วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของน้ำปลาหวานโดยวิธีสภาวะเร่ง (Accelerated Shelf-life Testing) ทำให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยใช้น้ำปลาหวาน จำนวน 60 กระปุก เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 35 และ 45°C เป็นระยะเวลา 41 วัน โดยวิเคราะห์ตัวอย่างทุก 5 วัน เพื่อประเมินด้านคุณภาพ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และการยอมรับทางประสาทสัมผัส หลังจากการเก็บรักษา เป็นเวลา 41 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C และ 30°C พบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดยังอยู่ในขอบเขตที่กำหนด โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า  $a_w$  และ pH เพียงเล็กน้อย คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสยังอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคชื่นชอบ ในทางตรงกันข้ามตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35°C และ 45°C มีคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับหลังผ่านไป 36 วัน และ 11 วัน โดยมีค่า  $Q_{10}$  และ  $Q_1$  เท่ากับ 3.27 และ 1.13 ตามลำดับ นำไปสู่การคาดการณ์อายุการเก็บรักษาที่ 123 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งสอดคล้องกับที่ผู้ผลิตระบุไว้ จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการหาอายุการเก็บรักษาของน้ำปลาหวาน และจากการตรวจพบจุลินทรีย์เริ่มต้นและการเพิ่มขึ้นที่ 30°C ดังนั้นการศึกษาในอนาคตควรวิเคราะห์แหล่งที่มาของการปนเปื้อน วิธีการควบคุมทำลายเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานและปลอดภัยยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ:** การประเมินอายุการเก็บรักษาอาหาร, น้ำปลาหวาน, การทดสอบโดยสภาวะเร่ง

Corresponding author E-mail: Patcharee.c@dmsc.mail.go.th

Received: 26 May 2025

Revised: 29 October 2025

Accepted: 3 November 2025

## บทนำ

การตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่มีวันหมดอายุ เช่น อาหาร ยา หรือเครื่องสำอาง อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หรือ Shelf-life เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ผู้บริโภคเข้าถึงบ่อยที่สุด การติดฉลากระบุอายุการเก็บรักษาขึ้นกับผู้ผลิตเป็นหลัก ผลิตภัณฑ์อาหารควรมีคุณลักษณะต่าง ๆ อยู่ในระดับที่เพียงพอจนกว่าจะถึงอายุการเก็บรักษาที่ระบุไว้ ดังนั้นผู้ผลิตจำเป็นต้องตรวจสอบอายุการเก็บรักษาอย่างถูกต้อง<sup>(1)</sup> อย่างไรก็ตามผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการขนาดเล็กไม่มีอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่เพียงพอและขาดบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ ความรู้และทักษะด้านการตรวจสอบอายุการเก็บรักษา ดังนั้นจึงยึดตามฉลากของผลิตภัณฑ์อาหารที่คล้ายกันที่ผลิตโดยผู้ประกอบการรายอื่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง คือ มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นหรือยาวกว่าที่ระบุในฉลาก ทั้งนี้สาเหตุการเสื่อมเสียของอาหารมักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ส่งผลให้อาหารมีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการนำมาบริโภค โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่หมดอายุแล้วซึ่งอาหารแต่ละชนิดจะมีอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมแตกต่างกันขึ้นกับองค์ประกอบของอาหาร ขั้นตอนการผลิต และสภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา<sup>(2)</sup>

การทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารมีความสำคัญ คือ ใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของอาหารว่ายังมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ในแง่ของผู้บริโภคจะเป็นการรับรู้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์และใช้ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ ส่วนในแง่ของผู้ผลิตจะใช้ประเมินคุณภาพของอาหารที่ผลิตและใช้ประกอบการแสดงอายุการเก็บรักษาบนฉลาก หรือเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค<sup>(3)</sup> อายุการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการควบคุมคุณภาพอาหารให้ยังคงมีคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลง<sup>(4)</sup> ทำให้ผู้บริโภคมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นยังคงมีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ในระยะเวลาที่ระบุ การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยม คือ การนำผลิตภัณฑ์เก็บในสภาพที่วางจำหน่ายจริง แต่การทดสอบด้วยวิธีนี้ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจึงจะได้อายุการเก็บจริง ทำให้เสียเวลา

และสิ้นเปลืองต้นทุนในการเก็บรักษา ดังนั้นในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงจำเป็นต้องมีวิธีที่สามารถประเมินอายุการเก็บรักษาได้ในเวลาอันสั้น เพื่อให้ทันต่อความต้องการของตลาด ปัจจุบันนิยมใช้อุณหภูมิที่เป็นปัจจัยเร่งเนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเป็นอย่างมาก<sup>(5)</sup> การหาอายุการเก็บรักษาโดยใช้วิธีการประเมินทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า Accelerated Shelf-life Testing (ASLT) ด้วยการใช้ค่าอัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส ( $Q_{10}$  Factor) เป็นวิธีการสากลอีกวิธีที่นิยมใช้ในการหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้เวลาสั้นประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องทดลองทุกอุณหภูมิ และยังใช้ประเมินอายุการเก็บที่เหลือหลังจากการเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ แล้วได้เช่นกัน<sup>(6)</sup>

น้ำปลาหวานของไทยได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหมู่ผู้ชื่นชอบอาหารไทย ทั้งเป็นเครื่องจิ้มสำหรับผลไม้รสเปรี้ยวและเป็นเครื่องเคียงที่เพิ่มรสชาติให้กับอาหารหลากหลายเมนู น้ำปลาหวาน ตามความหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพช. 114/2561) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลกับน้ำปลาจนเหนียว แล้วเติมส่วนประกอบอื่น เช่น กุ้งแห้ง ปลาแห้ง หัวหอมซอย พริก น้ำปู น้ำปลาร้า กะปิ เคี้ยวผสมให้เข้ากัน<sup>(7)</sup> เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำปลาหวานมีขั้นตอนที่ยุ่ยยากและใช้วัตถุดิบหลายชนิด ประกอบกับวิธีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบของคนในสังคมปัจจุบัน ดังนั้นจึงนิยมซื้อน้ำปลาหวานที่พร้อมบริโภคเพื่อประหยัดเวลาในการทำและสะดวกต่อการบริโภค จึงมีการผลิตน้ำปลาหวานที่พร้อมบริโภคจากกลุ่มผู้ผลิตรายย่อยเพื่อให้สามารถจำหน่ายได้ตามห้างสรรพสินค้าหรือแหล่งจำหน่ายสินค้าอื่น ๆ ทั่วประเทศ ดังนั้นน้ำปลาหวานที่ผลิตจึงต้องมีอายุการเก็บรักษาที่นาน อย่างไรก็ตามยังไม่ปรากฏการศึกษาการกำหนดอายุการเก็บรักษาน้ำปลาหวานพร้อมบริโภค ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของน้ำปลาหวาน โดยใช้วิธีการทั้งที่มีเกณฑ์ตามมาตรฐานกำหนดและไม่มีเกณฑ์กำหนดเพื่อทำการทดสอบคุณภาพของน้ำปลาหวานพร้อมบริโภคด้วยวิธีสภาวะเร่งอุณหภูมิ (ASLT;  $Q_{10}$ ) ที่เก็บที่อุณหภูมิ

4, 30, 35 และ 45°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิเก็บที่ 4°C ใช้แทนสภาวะการเก็บรักษาแบบแช่เย็น สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และชะลอปฏิกิริยาเคมีภายในผลิตภัณฑ์ ใช้เป็นอุณหภูมิอ้างอิงสำหรับเปรียบเทียบกับสภาวะที่อุณหภูมิสูงกว่า ที่ 30°C ใช้แทนสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทั่วไปใกล้เคียงสภาพแวดล้อมการจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย ที่ 35°C ใช้แทนสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อย เพื่อจำลองสถานการณ์การเก็บในบริเวณที่มีความร้อนมากขึ้น เช่น ร้านค้าหรือการขนส่งที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ และที่ 45°C ใช้เป็นสภาวะเร่งสูงสุด เพื่อเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ให้เร็วขึ้นตามหลักการของสมการ  $Q_{10}$  โดยยังอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่ผิดธรรมชาติ ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิทั้ง 4 ระดับจึงครอบคลุมช่วงอุณหภูมิที่อาจเกิดขึ้นจริงในกระบวนการจัดเก็บและจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานในสภาพแวดล้อมต่างๆ ทั้งแบบแช่เย็น อุณหภูมิห้อง และสภาวะเร่ง ทำให้สามารถนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ได้มาสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาเพื่อประมาณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ตามหลักการของการทดสอบสภาวะเร่งได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียทั้งทางด้านจุลินทรีย์ เคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส เพื่อระบุวันที่หมดอายุหรืออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบสภาวะการเก็บรักษาน้ำปลาหวานที่เหมาะสม เป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้คงคุณภาพยอมรับได้ตามระยะเวลาที่ระบุ

## วัสดุและวิธีการ

### ตัวอย่าง

น้ำปลาหวานพร้อมบริโภครุ่นการผลิตเดียวกันจากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม จำนวนรวม 60 กระปุก ซึ่งเป็นน้ำปลาหวานที่ผลิตโดยผู้ประกอบการรายย่อย จำนวน 1 ราย จากจังหวัดนครปฐม ที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาเครือข่ายวิทยาศาสตร์การแพทย์ชุมชน OTOP/SMEs ด้านอาหาร ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

น้ำปลาหวานมีส่วนประกอบทั้งหมด ดังนี้ น้ำตาลมะพร้าว น้ำปลา พริก หัวหอม น้ำเปล่า กะปิ กุ้งเคย กุ้งเนื้อ และเกลือ มีขั้นตอนการผลิตโดยย่อ ดังนี้ นำน้ำตาลมะพร้าวมาตั้งไฟเคี่ยวจนเดือดพร้อมกับส่วนผสมอื่น ๆ ตักใส่กระปุกพลาสติก โรยด้วยกุ้งเคยและกุ้งเนื้อ ปิดฝา ปิดผนึกและติดฉลาก

ตัวอย่างน้ำปลาหวานพร้อมบริโภคจะถูกนำมาติตรัสเพื่อบ่งชี้ได้แก่ รหัส A หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4°C รหัส B หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บไว้ในตู้บ่มอุณหภูมิ 30°C รหัส C หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บไว้ในตู้บ่มอุณหภูมิ 35°C และรหัส D หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บไว้ในตู้บ่มอุณหภูมิ 45°C จากนั้นเปลี่ยนรหัสใหม่เมื่อถูกนำมาทดสอบ โดยจะไม่มีเปิดฝาหรือเปิดผนึกจนกว่าจะนำมาตรวจสอบคุณภาพ และการประเมินด้านประสาทสัมผัส

### สภาวะการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำปลาหวาน

ตัวอย่างน้ำปลาหวานจำนวน 60 กระปุก เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4°C และตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 45°C อุณหภูมิละ 15 กระปุก นำตัวอย่างที่เก็บไว้แต่ละอุณหภูมิมาทดสอบครั้งละ 1 กระปุก ทุก ๆ 5 วัน ได้แก่ วันที่ 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36 และ 41 เพื่อทำการประเมินด้านประสาทสัมผัส ความชื้นหนืดการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ณ ห้องปฏิบัติการอาหาร ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม โดยกำหนดเงื่อนไขการสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ดังนี้ 1) ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด หรือ 2) คะแนนเฉลี่ยการประเมินด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความชื้นหนืดหรือความชอบโดยรวมด้านใดด้านหนึ่งอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ (น้อยกว่า 4 คะแนน) เกณฑ์การพิจารณาด้านประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 1

### คุณภาพของตัวอย่างน้ำปลาหวาน

ตัวอย่างน้ำปลาหวานในสัปดาห์เริ่มต้นนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ด้านจุลินทรีย์ ด้านกายภาพและเคมีตามมาตรฐาน ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 (พ.ศ. 2563)<sup>(8)</sup> ฉบับที่ 444 (พ.ศ. 2566)<sup>(9)</sup> และเกณฑ์

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2560)<sup>(10)</sup> (ตารางที่ 2)

### การประเมินด้านประสาทสัมผัสของน้ำปลาหวาน

การประเมินด้านประสาทสัมผัสปรับปรุงมาจากวิธีของ Shah MA และคณะ<sup>(11)</sup> โดยนำตัวอย่างที่เก็บไว้ทุก ๆ 5 วัน ได้แก่ วันที่ 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36 และ 41 ที่อุณหภูมิ 4, 30, 35 และ 45°C เปลี่ยนรหัสบังชี้ วางพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อปรับสภาวะอุณหภูมิของแต่ละตัวอย่างให้ใกล้เคียงกัน เริ่มการทดสอบโดยใช้กลุ่มผู้บริโภครที่มีความคุ้นเคยกับน้ำปลาหวาน

และผ่านการฝึกอบรมในการทดสอบด้านประสาทสัมผัสจำนวน 10 คน ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม ผู้บริโภครทั้งหมดได้ทำการประเมินตัวอย่างภายใต้แสงธรรมชาติและอุณหภูมิห้อง แต่ละคนประเมินตัวอย่างเป็นอิสระต่อกันในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความขื่นหนืด และความชอบโดยรวม เกณฑ์การให้คะแนนประเมิน ใช้ 9-point hedonic scale ดังนี้ ระดับดีมาก พอใจมากหรือชอบมาก 8-9 คะแนน, ระดับดี พอใจหรือชอบ 6-7 คะแนน, ระดับยอมรับได้ 4-5 คะแนน และระดับเลื่อมสภาพไม่พอใจหรือไม่ยอมรับ น้อยกว่า 4 คะแนน

ตารางที่ 1 เกณฑ์การพิจารณาการให้คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำปลาหวาน

ระดับ (คะแนน)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัสและความขื่นหนืด	ความชอบโดยรวม
ดีมาก (8-9)	พอใจมากหรือชอบมาก	กลิ่นหอมตามธรรมชาติของน้ำปลาหวานและส่วนประกอบที่ใช้	เนื้อสัมผัส ความขื่นหนืด เป็นที่พึงพอใจหรือชอบมาก	พอใจมากหรือชอบมาก ทั้งด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความขื่นหนืด
ดี (6-7)	พอใจหรือชอบต่อสีน้ำตาลของน้ำปลาหวานและส่วนประกอบที่ใช้	กลิ่นดีตามธรรมชาติของน้ำปลาหวานและส่วนประกอบที่ใช้	พอใจหรือชอบต่อเนื้อสัมผัส ความขื่นหนืด	พอใจหรือชอบ ทั้งด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความขื่นหนืด
ยอมรับ (4-5)	ยอมรับได้ต่อสีน้ำตาลของน้ำปลาหวานและส่วนประกอบที่ใช้	ไม่มีกลิ่นตามธรรมชาติของน้ำปลาหวานและส่วนประกอบที่ใช้ แต่ยอมรับได้	ไม่ชอบต่อเนื้อสัมผัส ความขื่นหนืด แต่ยอมรับได้	ไม่ชอบแต่ยอมรับได้ ทั้งด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความขื่นหนืด
เลื่อมสภาพ ไม่พอใจหรือไม่ยอมรับ (< 4)	มีสีดำเข้มหรือมีการเปลี่ยนสีที่ไม่สามารถยอมรับได้	กลิ่นผิดปกติหรือมีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับหรือหืน และไม่ยอมรับ	ไม่ชอบต่อเนื้อสัมผัส ความขื่นหนืดและ ไม่ยอมรับ	ไม่ชอบและไม่ยอมรับ ทั้งด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความขื่นหนืด

### การวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ

เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนด โดยทำการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity;  $a_w$ )<sup>(12)</sup> หมายถึง สัดส่วนน้ำที่สามารถเคลื่อนที่ได้และมีส่วนร่วมในกระบวนการทาง

ชีวภาพหรือเคมี ดังนั้นปริมาณน้ำอิสระมีผลต่อคุณสมบัติด้านกายภาพของอาหาร เช่น ความกรอบหรือความชื้น และส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหาร ส่วนค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) เป็นปัจจัยทางเคมีที่มีผลต่อความปลอดภัย อายุการเก็บ และคุณภาพโดยรวมของอาหาร

### การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์

เตรียม Stock solution ความเข้มข้น 0.25 M โดยชั่ง potassium dihydrogen phosphate (Merck, Germany) 34 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ปรับ pH 7.2 ด้วย 1N Sodium hydroxide (CARLO ERBA, France) ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ฆ่าเชื้อที่เครื่องนิ่งฆ่าเชื้อ อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที (HIRAYAMA, รุ่น HV 110, บริษัท เบคไทย กรุงเทพ อุปกรณ์เคมีภัณฑ์ จำกัด, Japan)

เตรียม Butterfield's phosphate buffered-dilution water (BPB) ความเข้มข้น  $3.125 \times 10^{-4}$  M โดยปิเปต Stock solution 1.25 มิลลิลิตร นำมาปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ฆ่าเชื้อที่ 121°C นาน 15 นาที

ชั่งตัวอย่าง 50 กรัม เทสารละลาย BPB สำหรับเจือจางตัวอย่าง 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหารจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย BPB สำหรับเจือจางตัวอย่าง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ทำเช่นนี้ต่อไปจนได้ตัวอย่างเจือจางอีก 2 ระดับ ได้แก่ 1:1,000 และ 1:10,000 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1:10 ถึง 1:10,000 จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อ (duplicate) เท Plate Count Agar (PCA) (Merck, Germany) ประมาณ 12-15 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อและผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งแล้วพลิกจานเพาะเชื้ออีกด้านหนึ่งขึ้นนำไปบ่มที่ตู้ (BINDER, รุ่น KB400, บริษัท เอสพีซี อาร์ที จำกัด, Germany) อุณหภูมิ 35°C นาน  $48 \pm 2$  ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เป็น Colony Forming Unit (CFU) ต่อกรัม<sup>(13)</sup>

### การตรวจวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา

ชั่งตัวอย่าง 50 กรัม เทสารละลาย 0.1% Peptone water (Bacto™ Peptone) (Gibco, USA) สำหรับเจือจางตัวอย่าง 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหาร (Seward, รุ่น BA 7021, บริษัท รีเนาน์ เทคโนโลยีคอล จำกัด, United Kingdom) จะได้

ตัวอย่างเจือจาง 1:10 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย 0.1% Peptone water สำหรับเจือจางตัวอย่าง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ทำเช่นนี้อีก 1 ระดับการเจือจางจะได้ 1:1,000 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1:10, 1:100 และ 1:1,000 จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 3 จานเพาะเชื้อ (triplicate) เท PCA ผสม Chloramphenicol (Sigma, China) 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ประมาณ 20-25 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อและผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปบ่มที่ตู้ (BINDER, รุ่น KB400, บริษัท เอสพีซี อาร์ที จำกัด, Germany) อุณหภูมิ 25°C นาน 5 วัน โดยไม่ต้องคว่ำจานเพาะเชื้อและวางซ้อนกันไม่เกิน 3 จานเพาะเชื้อ เมื่อครบ 5 วัน หากไม่มีการเจริญของเชื้อให้บ่มต่ออีก 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ รายงานผลจำนวนยีสต์และราเป็น CFU ต่อกรัม<sup>(14)</sup>

### การตรวจวิเคราะห์ *Escherichia coli* (*E. coli*)

ชั่งตัวอย่าง 50 กรัม เทสารละลาย BPB สำหรับเจือจางตัวอย่าง 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหารจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย BPB สำหรับเจือจางตัวอย่าง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ทำเช่นนี้อีก 1 ระดับการเจือจางจะได้ 1:1,000 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1:10, 1:100 และ 1:1,000 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Lauryl sulphate tryptose broth (LST) (Difco™, USA) ระดับความเจือจางละ 3 หลอด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35°C นาน  $24 \pm 2$  ชั่วโมง อ่านและบันทึกผลหลอด LST โดยผลบวก คือ เกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซหรือเกิดฟองก๊าซเมื่อเขย่าเบาๆ ผลลบคือ ไม่เกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ หากให้ผลลบบ่มเพิ่ม 24 ชั่วโมง อ่านและบันทึกผลที่  $48 \pm 3$  ชั่วโมง นำ 1 loop จาก LST ที่ให้ผลบวกแต่ละหลอดถ่ายลงใน EC broth (Oxoid, United Kingdom) หลอดต่อหลอดนำไปบ่มที่ตู้ (Thermo, รุ่น COL35, บริษัท ดีทีซี ดิสทริบิวชั่น จำกัด, USA) อุณหภูมิ 44.5°C นาน  $24 \pm 2$  ชั่วโมง

ผลบวก คือ เกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ ผลลบ คือ ไม่เกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ หากให้ผลลบเพิ่ม 24 ชั่วโมง อ่านและบันทึกผลที่  $48 \pm 2$  ชั่วโมง นำหลอด EC broth ที่ให้ผลบวกขึ้นบน LEVINE Eosin-Methylene blue agar (Merck, Germany) บ่มที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  นาน 18-24 ชั่วโมง นำโคโลนีที่สงสัยตรวจยืนยันผลโดยทดสอบปฏิกิริยาชีวเคมี บันทึกจำนวนหลอด EC broth ที่ได้ผลการตรวจยืนยันว่าเป็น *E. coli* นำค่าไปเปรียบเทียบกับตาราง Most Probable Number (MPN) รายงานผลเป็น *E. coli* MPN ต่อกรัม<sup>(15)</sup>

#### การตรวจวิเคราะห์ *Salmonella* spp.

ซึ่งตัวอย่าง 25 กรัม เทสารละลาย Buffered peptone water (Difco™, USA) สำหรับเจือจางตัวอย่าง 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหาร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ  $34-38^{\circ}\text{C}$  นาน  $18 \pm 2$  ชั่วโมง ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางหลังจากบ่มครบตามเวลา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ใน Rappaport vassiliadis medium (RVS broth) (Difco™, USA) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่ตู้ (Julabo, รุ่น CD B19, บริษัท กิบทไทย จำกัด, Germany) อุณหภูมิ  $41.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  นาน  $24 \pm 3$  ชั่วโมง และปิเปตตัวอย่างที่เจือจางหลังจากบ่มครบตามเวลา 1 มิลลิลิตร ลงใน Muller-Kauffmann tetrathionate novobiocin broth (MKTTn broth) (Merck, Germany) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ  $34-38^{\circ}\text{C}$  นาน  $24 \pm 3$  ชั่วโมง หลังจากนั้นถ่ายเชื้อจาก RVS broth และ MKTTn broth โดยขึ้นบน Brilliant green agar (Difco™, USA) และ Xylose lysine deoxycholate agar (Difco™, USA) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ  $34-38^{\circ}\text{C}$  นาน  $24 \pm 3$  ชั่วโมง นำโคโลนีที่สงสัยตรวจยืนยันผลโดยทดสอบปฏิกิริยาชีวเคมีและน้ำเหลืองวิทยา รายงานผลเป็น *Salmonella* spp. ต่อ 25 กรัม ตรวจพบหรือไม่พบ<sup>(16)</sup>

#### การตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)

ซึ่งตัวอย่าง 50 กรัม เทสารละลาย BPB สำหรับเจือจางตัวอย่าง 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหารจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย BPB

สำหรับเจือจางตัวอย่าง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1:10 และ 1:100 จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงบนผิวหน้า Baird-Parker medium (BPA) ((Difco™, USA) จำนวน 3 จานเพาะเชื้อ จานเพาะเชื้อละ 0.3, 0.3 และ 0.4 มิลลิลิตรต่อระดับความเจือจาง ทำให้เชื้อกระจายโดยใช้แท่งแก้วเกลี่ยให้ทั่วจนกระทั่งผิวหน้าของวุ้นแห้ง นำไปบ่มที่ตู้ (MMM, รุ่น Incucell 707, บริษัท ธเนศพัฒนา จำกัด, Germany) อุณหภูมิ  $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$  นาน 45-48 ชั่วโมง นำโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะหรือสงสัยตรวจยืนยันผลด้วย Coagulase test นับจำนวนโคโลนีบนผิวหน้า BPA ที่ให้ผลตรวจยืนยันว่าเป็น *S. aureus* รายงานผลเป็นจำนวน *S. aureus* CFU ต่อกรัม<sup>(17)</sup>

#### การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus* (*B. cereus*)

ซึ่งตัวอย่าง 50 กรัม เทสารละลาย BPB สำหรับเจือจางตัวอย่าง 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหารจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย BPB สำหรับเจือจางตัวอย่าง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1:10 และ 1:100 จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงบนผิวหน้า Mannitol-Egg Yolk-Polymyxin (MYP) medium (Oxoid, United Kingdom) จำนวน 3 จานเพาะเชื้อ จานเพาะเชื้อร้อยละ 0.3, 0.3 และ 0.4 มิลลิลิตรต่อระดับความเจือจางทำให้เชื้อกระจายโดยใช้แท่งแก้วเกลี่ยให้ทั่วจนกระทั่งผิวหน้าของวุ้นแห้ง นำไปบ่มที่ตู้ (MMM, รุ่น Friocell 111, บริษัท รีเนาน์เทคนิคอล จำกัด, Germany) อุณหภูมิ  $30^{\circ}\text{C}$  นาน 24 ชั่วโมง นำโคโลนีที่สงสัยตรวจยืนยันผลโดยทดสอบปฏิกิริยาชีวเคมี นับจำนวนโคโลนีบนผิวหน้า MYP medium ที่ให้ผลตรวจยืนยันว่าเป็น *B. cereus* รายงานผลเป็นจำนวน *B. cereus* CFU ต่อกรัม<sup>(18)</sup>

#### การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*)

ซึ่งตัวอย่าง 50 กรัม เทสารละลาย 0.1% Peptone water สำหรับเจือจางตัวอย่าง 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องตีผสมอาหารจะได้ตัวอย่างเจือจาง 1:10 ปิเปต ตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 มา 10 มิลลิลิตร

ใส่ในสารละลาย 0.1% Peptone water สำหรับ เจือจางตัวอย่าง 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ ตัวอย่างเจือจาง 1:100 ปิเปิดตัวอย่างที่ระดับความ เจือจาง 1:10 และ 1:100 จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงบน ผิวน้ำ Tryptose-sulfite-cycloserine agar, Egg yolk emulsion and Perfringens Selective Supplement (TSCEY) (Oxoid, United Kingdom) จำนวน 3 จานเพาะเชื้อ จานเพาะเชื้อละ 0.3, 0.3 และ 0.4 มิลลิลิตรต่อระดับความเจือจาง ทำให้ เชื้อกระจายโดยใช้แท่งแก้วเกลี่ยให้ทั่วจนกระทั่ง ผิวน้ำของวุ้นแห้ง เททับผิวน้ำด้วย Tryptose sulfite cycloserine agar (Oxoid, United Kingdom) นำไป บ่มในสภาวะไร้ออกซิเจนที่ตู้ (BINDER, รุ่น KB400, บริษัท เอสพีซี อาร์ที จำกัด, Germany) อุณหภูมิ 35°C นาน 24 ชั่วโมง นำโคโลนีที่สงสัยตรวจยืนยันผลโดยทดสอบ ปฏิกริยาชีวเคมี นับจำนวนโคโลนีบนผิวน้ำ TSCEY

ที่ให้ผลตรวจยืนยันว่าเป็น *C. perfringens* รายงานผล เป็นจำนวน *C. perfringens* CFU ต่อกรัม<sup>(19)</sup>

**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

การวิเคราะห์ปริมาณ  $a_w$  ค่า pH และจำนวน จุลินทรีย์ นำผลลัพธ์ที่ได้หาค่าเฉลี่ย การประเมินด้าน ประสาทสัมผัสหาค่าเฉลี่ยจากผู้ประเมินทั้ง 10 คน

**การคำนวณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์**

การคำนวณอายุการเก็บรักษาของน้ำปลาหวาน ด้วยการใช้ค่า  $Q_{10}$  ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้บ่อยในการ อธิบายการพึ่งพาอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา สามารถประมาณได้จากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10°C ค่า  $Q_{10}$  มีสูตรการคำนวณ<sup>(20)</sup> ดังนี้

$$Q_{10} = \frac{\text{reaction rate at } (T+10\text{ }^{\circ}\text{C})}{\text{reaction rate at } (T\text{ }^{\circ}\text{C})} = \frac{\theta_s(T)}{\theta_s(T+10)} \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$Q_1 = Q_{10}^{0.1} \quad \text{สมการที่ 2}$$

$$Q_1^{\Delta T} = \frac{\theta_s(T)}{\theta_s(T+\Delta T)} \quad \text{สมการที่ 3}$$

- เมื่อ  $\theta_s(T)$  = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T (วัน)
- $\theta_s(T+10)$  = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T + 10 (วัน)
- $Q_{10}$  = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส
- $Q_1$  = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาเซลเซียส
- $\Delta T$  = ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำนายกับอุณหภูมิ T

**ผล**

**คุณภาพของน้ำปลาหวาน**

น้ำปลาหวานเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษามีคุณภาพ ทางจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพ ตามมาตรฐานเกณฑ์

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัส อาหารฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2560) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 (พ.ศ. 2563) และฉบับที่ 444 (พ.ศ. 2566) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำปลาหวานก่อนการทดสอบ

รายการทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน	ผลการทดสอบ	สรุปผล
<b>คุณภาพทางจุลินทรีย์</b>			
จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/กรัม) <sup>(13)</sup>	น้อยกว่า $1 \times 10^6$	430	ผ่าน
จำนวนยีสต์และรา (CFU/กรัม) <sup>(14)</sup>	น้อยกว่า $1 \times 10^2$	น้อยกว่า 10	ผ่าน
<i>E. coli</i> (MPN/กรัม) <sup>(15)</sup>	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3	ผ่าน
<i>Salmonella</i> spp. (25/กรัม) <sup>(16)</sup>	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่าน
<i>S. aureus</i> (CFU/กรัม) <sup>(17)</sup>	ไม่เกิน 10	น้อยกว่า 10	ผ่าน
<i>B. cereus</i> (CFU/กรัม) <sup>(18)</sup>	ไม่เกิน $1 \times 10^3$	50	ผ่าน
<i>C. perfringens</i> (CFU/กรัม) <sup>(19)</sup>	ไม่เกิน $1 \times 10^3$	น้อยกว่า 10	ผ่าน
<b>คุณภาพทางเคมีและกายภาพ</b>			
กรดเบนโซอิก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) <sup>(21)</sup>	ไม่เกิน 1,000	ไม่พบ	ผ่าน
กรดซอร์บิก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) <sup>(21)</sup>	ไม่เกิน 1,000	ไม่พบ	ผ่าน
ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) <sup>(12)</sup>	not specific	0.75	ผ่าน
ความเป็นกรด-ต่าง (pH) <sup>(22)</sup>	not specific	6.73	ผ่าน

ผลการเปลี่ยนแปลงด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำปลาหวาน

ผลการเก็บรักษาน้ำปลาหวานที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4, 30, 35 และ 45°C สุ่มตรวจตัวอย่างทุก 5 วัน เป็นเวลาสุดท้าย 41 วัน จากกลุ่มตัวอย่างในแต่ละสภาวะจำนวน 31 ตัวอย่าง จำนวนจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 4, 35 และ 45°C มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลาการเก็บ 11 วัน จำนวนจุลินทรีย์เริ่มเพิ่มจำนวนขึ้น

ทั้งนี้ปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 11 จนถึงวันที่ 41 ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ปริมาณ  $a_w$  และ pH มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในช่วงระหว่าง 0.74–0.76 และ 6.57–6.91 ตามลำดับ ในทุกช่วงอุณหภูมิการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 3 ด้วยเหตุนี้ปัจจัย  $a_w$  และ pH จึงไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมต่อการหาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งอุณหภูมิ และที่อุณหภูมิ 45°C การประเมินด้านประสาทสัมผัสสิ้นสุดลง ณ วันที่ 16 ดังนั้นจึงไม่ได้ดำเนินการทดสอบจำนวนจุลินทรีย์  $a_w$  และ pH ต่อไปอีก

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบจำนวนจุลินทรีย์ (log CFU/กรัม) ค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) และค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH) ของตัวอย่างน้ำปลาหวานที่เก็บที่อุณหภูมิ 4, 30, 35 และ 45°C ณ วันที่ต่างๆ นับจากวันที่เริ่มเก็บ

อุณหภูมิ	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (log CFU/กรัม)	ค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ )	ค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH)
4°C	1	2.63	0.75	6.73
	6	2.54	0.75	6.83
	11	2.57	0.75	6.84
	16	2.57	0.76	6.68
	21	2.68	0.76	6.81
	26	2.65	0.76	6.79
	31	2.72	0.76	6.79
	36	2.49	0.76	6.79
	41	2.84	0.75	6.82

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบจำนวนจุลินทรีย์ (log CFU/กรัม) ค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) และค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH) ของตัวอย่างน้ำปลาหวานที่เก็บที่อุณหภูมิ 4, 30, 35 และ 45°C ณ วันที่ต่างๆ นับจากวันที่เริ่มเก็บ (ต่อ)

อุณหภูมิ	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (log CFU/กรัม)	ค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ )	ค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH)
30°C	1	2.63	0.75	6.73
	6	2.53	0.76	6.82
	11	3.67	0.76	6.78
	16	5.41	0.76	6.76
	21	5.52	0.76	6.91
	26	5.64	0.76	6.76
	31	5.56	0.75	6.72
	36	4.70	0.74	6.69
35°C	41	4.93	0.74	6.61
	1	2.63	0.75	6.73
	6	2.38	0.74	6.84
	11	2.38	0.76	6.75
	16	2.53	0.75	6.70
	21	2.53	0.75	6.88
	26	2.45	0.74	6.77
	31	2.38	0.74	6.76
45°C	36	2.34	0.74	6.75
	41	2.74	0.75	6.72
	1	2.633	0.75	6.73
	6	2.61	0.75	6.80
	11	2.56	0.74	6.72
	16	2.41	0.75	6.57

### ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างน้ำปลาหวาน

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสประกอบด้วย สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม พิจารณาเกณฑ์การประเมิน ดังแสดงในตารางที่ 1 น้ำปลาหวานจะได้คะแนนลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น ชัดจำกัดคุณภาพเมื่อคะแนนน้อยกว่า 4 ถือว่าเสื่อมสภาพ ไม่พอใจหรือไม่ยอมรับ ดังนั้นจึงใช้การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาน้ำปลาหวาน โดยมาจากการไม่ยอมรับของผู้ทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าอุณหภูมิ

ในการเก็บที่ 4°C คะแนนการประเมินส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี พอใจหรือชอบ ทั้งด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนมากกว่า 4 ทุกช่วงการวัดผล เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเก็บที่ 30°C พบว่าระยะเวลาการเก็บตั้งแต่ 16 วันขึ้นไป ผลการประเมินส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่ชอบแต่ยอมรับได้ ทั้งด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม ที่อุณหภูมิการเก็บ 35°C ระยะเวลาการเก็บตั้งแต่ 21 วัน ถึง 36 วัน ผลการประเมินอยู่ในระดับไม่ชอบแต่ยอมรับได้ ทั้งด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม แต่ที่ระยะเวลาการเก็บ 41 วัน ผลการประเมินอยู่

ในระดับไม่ยอมรับทั้งด้าน สี กลิ่น และความชอบ โดยรวม คะแนนการประเมิน เท่ากับ  $3.50 \pm 0.85$ ,  $3.80 \pm 1.23$  และ  $3.60 \pm 0.97$  ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  ระยะเวลาการเก็บที่ 1, 6, 11 และ 16 วัน ความชอบ โดยรวมลดลงตามลำดับ โดยเริ่มจากดีมาก ดี ยอมรับ และไม่ยอมรับ จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 4, 30 และ  $35^{\circ}\text{C}$

ระยะเวลาการเก็บ 41 วัน ความชอบโดยรวม เท่ากับ  $6.20 \pm 1.03$ ,  $4.30 \pm 1.34$  และ  $3.60 \pm 0.97$  ตามลำดับ ซึ่งความชอบโดยรวมที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  น้อยกว่า 4 ดังนั้น จึงมีอายุการเก็บรักษาที่ 36 วัน และที่อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  ระยะเวลาการเก็บ 16 วัน ความชอบโดยรวม เท่ากับ  $2.80 \pm 0.42$  (น้อยกว่า 4) จึงมีอายุการเก็บรักษาที่ 11 วัน

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานที่เก็บที่อุณหภูมิ 4, 30, 35 และ  $45^{\circ}\text{C}$  ณ วันที่ต่างๆ นับจากวันที่เริ่มเก็บ

อุณหภูมิ	ระยะเวลา (วัน)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด	ความชอบโดยรวม
4°C	1	8.50±0.53	8.70±0.48	8.40±0.52	8.50±0.53
	6	6.80±0.92	7.30±0.95	6.60±1.51	6.90±1.29
	11	6.90±0.99	6.50±0.97	6.20±1.03	6.90±0.99
	16	6.00±1.49	6.20±1.32	5.70±1.34	6.30±1.16
	21	6.20±0.92	6.20±1.14	6.00±1.05	6.10±0.88
	26	6.60±0.97	6.30±1.16	6.30±1.25	6.40±1.07
	31	6.80±0.63	6.60±0.97	6.10±0.99	6.80±0.79
	36	6.40±1.07	5.80±0.92	6.20±1.14	6.20±0.79
	41	6.80±1.32	6.20±1.03	6.30±1.06	6.20±1.03
30°C	1	8.50±0.53	8.70±0.48	8.40±0.52	8.50±0.53
	6	8.10±0.57	7.50±0.85	7.00±1.33	8.00±0.67
	11	7.40±0.52	6.60±0.70	6.60±0.97	7.20±0.79
	16	6.40±1.35	5.90±1.60	5.80±1.23	6.10±1.52
	21	6.20±0.92	5.30±1.42	5.80±1.14	5.80±1.14
	26	5.80±1.69	5.90±1.45	6.00±1.41	6.00±1.49
	31	5.00±1.05	4.70±1.06	5.10±1.29	4.80±1.03
	36	4.70±1.16	4.60±1.17	4.90±1.37	4.80±1.23
	41	4.20±1.14	4.40±1.51	4.70±1.57	4.30±1.34
35°C	1	8.50±0.53	8.70±0.48	8.40±0.52	8.50±0.53
	6	8.00±0.94	7.10±0.88	7.60±0.84	7.70±0.95
	11	7.20±0.63	6.10±0.57	6.50±1.27	6.50±0.97
	16	5.90±1.60	6.00±1.49	6.20±1.55	6.10±1.79
	21	5.40±1.35	5.00±1.41	5.40±1.17	5.30±1.34
	26	5.20±1.48	5.00±1.33	5.60±1.58	5.10±1.10
	31	4.30±0.82	4.30±1.16	4.70±1.49	4.20±1.14
	36	4.00±0.82	4.30±1.25	4.40±1.17	4.00±0.82
	41	3.50±0.85	3.80±1.23	4.40±1.78	3.60±0.97

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานที่เก็บที่อุณหภูมิ 4, 30, 35 และ 45°C ณ วันที่ต่างๆ นับจากวันที่เริ่มเก็บ (ต่อ)

อุณหภูมิ	ระยะเวลา (วัน)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด	ความชอบโดยรวม
45°C	1	8.50±0.53	8.70±0.48	8.40±0.52	8.50±0.53
	6	7.50±1.27	7.40±1.26	7.70±0.82	7.40±1.07
	11	4.80±1.62	5.70±1.49	6.40±0.84	5.30±1.34
	16	3.00±0.47	4.50±1.78	4.60±1.65	2.80±0.42

หมายเหตุ: อักษรตัวเข้ม คือ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับไม่ยอมรับหรือไม่พอใจ

#### การคำนวณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวาน

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค  $Q_{10}$  เป็นวิธีเร่งอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียเร็วกว่าปกติ ทำให้สามารถประเมินผลของการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ โดยเลือกสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45°C ซึ่งเป็นสภาวะที่เร่งอุณหภูมิแล้วนำมาทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เพื่อหาระยะเวลาสิ้นสุดของผลิตภัณฑ์ โดย

ใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาพบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 36 วัน และ 11 วัน ที่อุณหภูมิ 35 และ 45°C ตามลำดับ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาประเมินอายุการเก็บรักษาของน้ำปลาหวาน ตามสมการที่ 1, 2 และ 3 สามารถคำนวณค่า  $Q_{10}$  และ  $Q_1$  ของผลิตภัณฑ์ได้ เท่ากับ 3.27 และ 1.13 ตามลำดับ ซึ่งสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การทำนายอายุการเก็บรักษาน้ำปลาหวานที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	การประมาณอายุการเก็บรักษา (วัน)
4	1,592
10	765
20	226
25	123
30	67
35	36

#### วิจารณ์

การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ก่อนการทดสอบอายุการเก็บรักษาเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญ หากการทดสอบเริ่มต้นพบการปนเปื้อนที่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จะไม่สามารถศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไปได้ ในการศึกษาครั้งนี้แม้ว่าตัวอย่างน้ำปลาหวานมีคุณภาพเริ่มต้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่ยังคงพบ

การเจริญของจุลินทรีย์รวมและพบการปนเปื้อนของ *B. cereus* ซึ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดนี้บ่งชี้ถึงความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของอาหาร *B. cereus* พบได้ทั่วไปในธรรมชาติในดิน สปอร์มีความทนทานต่อความแห้งแล้งและกระบวนการผลิตอาหารหลายรูปแบบ จึงอาจพบได้ในอากาศหรือปะปนมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำปลาหวาน ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ระหว่าง 6-7 ใช้  $a_w$  หรือ

ปริมาณน้ำในเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตตั้งแต่ 0.92 ขึ้นไป<sup>(23)</sup> เช่นเดียวกันกับ *C. perfringens* ใช้ปริมาณน้ำในเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตมากกว่า 0.95 ขึ้นไป ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ระหว่างค่า 5–8.5<sup>(24)</sup> จึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้แม้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีค่า pH ที่เหมาะสม จึงมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีการเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์นี้เนื่องจากปริมาณ  $a_w$  ในน้ำปลาหวานในช่วงการเก็บรักษาน้อยกว่า 0.95 จากการศึกษาปริมาณ  $a_w$  มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่แคบระหว่าง 0.74–0.76 อาจเนื่องมาจากน้ำปลาหวานมีส่วนประกอบของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อนสามารถจับน้ำผ่านพันธะไฮโดรเจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในอาหารเพียงเล็กน้อยส่งผลให้ค่า  $a_w$  เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย<sup>(25)</sup> นอกจากนี้ปริมาณ  $a_w$  ที่อยู่ในระดับต่ำที่ 0.7 นั้นเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะกลุ่มเชื้อราที่ทนแล้ง (xerophilic molds) และแบคทีเรียทนเกลือ (halophilic bacteria) ที่สามารถเจริญในสภาวะแวดล้อมที่มี  $a_w$  ต่ำและความเค็มสูง<sup>(26)</sup> จึงอาจเป็นสาเหตุที่พบการเจริญของจำนวนจุลินทรีย์เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ทั้งนี้ค่า  $a_w$  และ pH ที่ได้จากการทดสอบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยการทดสอบอายุการเก็บน้ำพริกน้ำเงี้ยวโดยวิธีเร่งที่มีการเปลี่ยนแปลงของ  $a_w$  และ pH เพียงเล็กน้อย<sup>(27)</sup>

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาการเก็บนานขึ้น การยอมรับจะลดลงอย่างรวดเร็ว ในการเปลี่ยนแปลงด้านสีเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นสีจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 45°C สีจึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คะแนนความชอบโดยรวมต่ำลง ทั้งนี้ผลของอุณหภูมิต่อความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำปลาหวานส่งผลให้เกิดเป็นสารสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นได้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาต่างๆ เกิดในอัตราที่เร็วขึ้นและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี<sup>(28)</sup> การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชื้นหนืด ในช่วงเริ่มต้นการเก็บจนถึงวันที่ 11 ยังคงไม่มี

ความแตกต่างกันมากนักในทุกช่วงอุณหภูมิ ทั้งนี้กลิ่นเนื้อสัมผัส และความชื้นหนืดมีส่วนช่วยน้อยต่อคะแนนความชอบโดยรวมที่น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ran M และคณะ<sup>(29)</sup> การประเมินหรือทำนายอายุการเก็บรักษาใช้ผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการตัดสินคุณภาพของอาหาร โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Park JM และคณะ<sup>(1)</sup> ที่ได้ใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และจากการสอบถามผู้ผลิตน้ำปลาหวานเพื่อให้ได้มาซึ่งอายุการเก็บของน้ำปลาหวานพบว่าผู้ผลิตระบุอายุการเก็บ 4 เดือนนับจากวันผลิตแต่ไม่ได้ระบุอุณหภูมิในการเก็บที่ฉลากชัดเจน ซึ่งจากการศึกษาที่ระยะเวลาการเก็บที่ผู้ผลิตระบุสอดคล้องกับการประเมินอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ทั้งนี้หากเก็บที่อุณหภูมิ 30°C สามารถเก็บได้เพียง 2 เดือน หรือหากเก็บภายในตู้เย็นสามารถเก็บได้ประมาณ 2 ปี ดังนั้นผู้ผลิตควรระบุอุณหภูมิในการเก็บที่ชัดเจนร่วมกับการระบุวันหมดอายุ หรือหากมีการเปิดภาชนะบรรจุรับประทานไปแล้วอายุการเก็บรักษาดังกล่าวอาจจะลดน้อยลง การศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการระบุอายุการเก็บของผู้ผลิตและสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ อีกทั้งสอดคล้องกับการศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งของอาหารพร้อมบริโภคของ Haouet MN และคณะ<sup>(30)</sup>

ผลการศึกษาค้นคว้าผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการสามารถใช้ข้อมูลนี้ในการปรับปรุงการผลิต การเก็บรักษา และควบคุมคุณภาพน้ำปลาหวานให้มีอายุยาวนานและปลอดภัยยิ่งขึ้น ผู้บริโภคเข้าใจถึงความสำคัญของอุณหภูมิและการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลต่อคุณภาพอาหาร การศึกษาค้นคว้าข้อจำกัดที่ควรปรับปรุง ดังนี้ การพบจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30°C และการปนเปื้อนเริ่มต้นของเชื้อ *B. cereus* แม้จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่บ่งชี้ถึงความเสี่ยงด้านความปลอดภัย ขนาดของกลุ่มผู้ประเมินทางประสาทสัมผัส การใช้ผู้ประเมินเพียง 10 คน อาจจำกัดความหลากหลายของความคิดเห็น การใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นดัชนีชี้วัดหลัก

อาจมีความลำเอียงจากความชอบส่วนบุคคลของผู้ประเมิน และการศึกษาครั้งนี้เป็นกรณีศึกษาโดยใช้ตัวอย่างจากผู้ผลิตรายเดียว ซึ่งมีข้อดีในการควบคุมความแปรปรวนของสูตร ส่วนผสม และกระบวนการผลิต ให้มีความสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามพบว่า มีข้อด้อยหรือข้อจำกัดเนื่องจากผู้ผลิตแต่ละรายอาจมีสูตร วัตถุดิบ ระดับการเคี้ยว และลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้การเก็บตัวอย่างจากรุ่นการผลิตเดียวกันอาจไม่สะท้อนถึงความแปรผันของคุณภาพวัตถุดิบตามฤดูกาล หรือความแตกต่างระหว่างรุ่นการผลิตที่เกิดขึ้นจริง หรือไม่สามารถประเมินผลของความแปรผันระหว่างกระบวนการผลิต เช่น ระดับการให้ความร้อนหรือชนิดของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จึงอาจจำกัดความสามารถในการนำผลไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานของผู้ผลิตรายอื่นได้อย่างครอบคลุม สำหรับข้อเสนอแนะควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแหล่งที่มาการปนเปื้อน จุลินทรีย์เริ่มต้นและพัฒนาวิธีการควบคุม การเพิ่มจำนวนผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสและใช้กลุ่มผู้ประเมินที่หลากหลายจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการประเมิน ควรพิจารณาตัวชี้วัดทางเคมีที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดร่วมกับการประเมินทางประสาทสัมผัสและการขยายขอบเขตไปยังผู้ผลิตรายอื่นหรือสูตรที่แตกต่างกันเพื่อให้ผลลัพธ์สามารถประยุกต์ใช้ในวงกว้างได้ การศึกษานี้สามารถเป็นต้นแบบสำหรับการวิจัยผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ผลิตขนาดเล็กที่ต้องการพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

### สรุป

การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 41 วัน พบว่าคุณภาพทางจุลินทรีย์มีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด  $a_w$  และ pH เปลี่ยนแปลง

เพียงเล็กน้อย ดังนั้นการประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธีสภาวะเร่งและการประเมินโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อุณหภูมิ 35 และ 45°C สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ 36 วัน และ 11 วัน ตามลำดับ เมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้  $Q_{10}$  และ  $Q_1$  ที่อุณหภูมิ 30°C จะเก็บได้ประมาณ 2 เดือน หรือหากเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็นภายในตู้เย็นทั่วไปสามารถเก็บได้ประมาณ 2 ปี การศึกษานี้เป็นการเสนอวิธีการหนึ่งในการกำหนดอายุการเก็บรักษาและการคำนวณขีดจำกัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยให้ข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์สำหรับการทำนายและประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่ต่างกัน รวมทั้งมีความเป็นไปได้หากจะใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาของอาหารพร้อมบริโภคชนิดอื่น ๆ ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ผลิต คือ ควรระบุอุณหภูมิและอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความเป็นจริง ตลอดจนควบคุมกระบวนการผลิตและการป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ให้รัดกุมยิ่งขึ้น หรือมีระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหาร ส่วนผู้บริโภคควรเก็บผลิตภัณฑ์ในที่เย็นหรือเก็บในตู้เย็น โดยเฉพาะหลังจากเปิดรับประทานแล้วบางส่วน เพื่อลดความเสี่ยงการปนเปื้อนจุลินทรีย์หรือการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ที่อาจหลงเหลือภายในผลิตภัณฑ์และคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ผลิตภัณฑ์น้ำปลาหวานมีปริมาณ  $a_w$  ค่อนข้างต่ำระหว่าง 0.74-0.76 จำนวนจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) เจริญเติบโตช้า ดังนั้นการศึกษาในอนาคตควรมีการตรวจติดตามปริมาณยีสต์และเชื้อราที่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมินี้ ตลอดจนการวิเคราะห์แหล่งที่มาของการปนเปื้อนจุลินทรีย์และวิธีการควบคุมทำลายเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น เพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานและปลอดภัยยิ่งขึ้น

### การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์

บทความนี้ได้ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการช่วยสืบค้นวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและได้พิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของวรรณกรรมที่สืบค้นแล้ว

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.สิริพรรณ แสงอรุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์การแพทย์ (มาตรฐานห้องปฏิบัติการ) สำนักผู้ทรงคุณวุฒิกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะและแนวคิดในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ นางปานทิพย์ ศิริโชติ ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม ที่สนับสนุนให้เกิดงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ฝ่ายอาหาร ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม ที่ช่วยเหลือด้านการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5 สมุทรสงคราม ที่ร่วมในการทดสอบทางประสาทสัมผัสทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- Park JM, Lee SH, Koh JH, Kim JM. Determination of shelf-life model of pork cutlet and pork lard during accelerated storage conditions. *Korean J Food Sci Anim Resour* 2018; 38(4): 664-78.
- พรรัตน์ ลินชัยพานิช, นภัสสร เพ็ญสุระ, อนันทิศา แสงสุริยวงษ์, ศศพินทุ์ ดิษนิล. การทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะเร่งอุณหภูมิ. *ว วิทยาศาสตร์บูรพา* 2565; 7(3): 1930-49.
- ยุทธนา พิมลศิริผล. เทคนิคการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2561.
- ราณี หวังอวัลย์, ชัชวาล วิชาเรืองวิทย์, วรพจน์ สุนทรสุข, ประเวทย์ ต้อยเต็มวงศ์. การศึกษาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บของข้าวแตนน้ำสมุนไพรอบเนย. *ว วิทยาศาสตร์เกษตร* 2557; 45(2 พิเศษ): 693-9.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์. ใน: รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550. หน้า 106-128.
- Labuza TP, Schmidl MK. Accelerated shelf-life testing of foods. *Food Technol* 1985; 39(9): 57-64.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 114/2561 น้ำปลาหวาน [ออนไลน์]. 2561; [สืบค้น 31 มี.ค. 2568]; [หน้า]. เข้าถึงได้ที่: URL: [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0114\\_61\(น้ำปลาหวาน\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0114_61(น้ำปลาหวาน).pdf).
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 (พ.ศ. 2563) ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 237 ง (วันที่ 9 ตุลาคม 2563). หน้า 9.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 444 (พ.ศ. 2566) ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ เงื่อนไข วิธีการใช้ และอัตราส่วนของวัตถุเจือปนอาหาร (ฉบับที่ 3). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 140 ตอนพิเศษ 306 ง (วันที่ 6 ธันวาคม 2566). หน้า 1.
- สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2560). นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2560.
- Shah MA, Bosco SJD, Mir SA, Sunooj KV. Evaluation of shelf life of retort pouch packaged Rogan josh, a traditional meat curry of Kashmir, India. *Food Packag Shelf Life* 2017; 12: 76-82.
- 978.18B(c): Water activity of canned vegetables. In: *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21<sup>st</sup> ed. Gaithersburg, MD: AOAC International; 2023.
- Food and Drug Administration. *Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 3, Aerobic plate count*. [online]. 2001; [cited 2025 April 13]; [12 screens]. Available from: URL: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count>.

14. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 18, Yeasts, molds, and mycotoxins. [online]. 2001; [cited 2025 April 13]; [14 screens]. Available from: URL: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>.
15. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 4, Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. [online]. 2020; [cited 2025 April 13]; [18 screens]. Available from: URL: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>.
16. ISO 6579-1:2017. Microbiology of the food chain--horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* - part 1: detection of *Salmonella* spp. Geneva: International Organization for Standardization; 2017.
17. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 12, *Staphylococcus aureus*. [online]. 2016; [cited 2025 April 13]; [7 screens]. Available from: URL: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-12-staphylococcus-aureus>.
18. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 14, *Bacillus cereus*. [online]. 2020; [cited 2025 April 13]; [12 screens]. Available from: URL: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-14-bacillus-cereus>.
19. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 16, *Clostridium perfringens*. [online]. 2001; [cited 2025 April 13]; [8 screens]. Available from: URL: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-16-clostridium-perfringens>.
20. Mizrahi S. Accelerate shelf-life tests. In: Steele R, editor. Understanding and measuring the shelf-life of food. Cambridge: Woodhead Publishing; 2004. p. 317-339.
21. Kamler W. Quantitative determination of benzoic acid, sorbic acid and saccharin in preserved fruits. Bull Dept Sci 1992; 34(1): 31-6.
22. 981.12: pH of hydrogen ion. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. 21<sup>st</sup> ed. Gaithersburg (MD): AOAC International; 2023.
23. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. *Bacillus cereus*/บาซิลลัส ซีเรียส. [ออนไลน์]. 2568; [สืบค้น 1 ส.ค. 2568]; [1 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1116/bacillus-cereus-บาซิลลัส-ซีเรียส>.
24. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. *Clostridium perfringens*/คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์. [ออนไลน์]. 2568; [สืบค้น 1 ส.ค. 2568]; [1 หน้า]. เข้าถึงได้ที่: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1198/clostridium-perfringens-คลอสตริเดียม-เพอร์ฟริงเจนส์>.
25. U.S. Food and Drug Administration. Water activity (aw) in foods [online]. 2014; [cited 2025 July 30]; [4 screens]. Available from: URL: [https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-technical-guides/water-activity-aw-foods?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-technical-guides/water-activity-aw-foods?utm_source=chatgpt.com).
26. Stevenson A, Cray JA, Williams JP, Santos R, Sahay R, Neuenkirchen N, et al. Is there a common water-activity limit for the three domains of life?. ISME J. [serial online]. 2015; [cited 2025 July 24]; 9: [19 screens]. Available from: URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4438321>.

27. จิราพร ลากชุดิพร, ประเวทย์ ต้อยเต้มวงศ์, มรณี ต้อยเต้มวงศ์, จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์. การทดสอบอายุการเก็บน้ำพริกน้ำเงี้ยวโดยวิธีเร่ง. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 สาขาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2551. หน้า 301-309.
28. ธนกิจ ถาหมี, พิไลรัก อินธิปัญญา, ดุษฎี บุญธรรม. การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซาชงไบหม่อนผสมผลหม่อนโดยวิธีสภาวะเร่ง. ว เกษตร 2561; 34(1): 157-66.
29. Ran M, He L, Li C, Zhu Q, Zeng X. Quality changes and shelf-life prediction of cooked cured ham stored at different temperature. *J Food Prot* 2021; 84(7): 1252-64.
30. Haouet MN, Tommasino M, Mercuri ML, Benedetti F, Di Bella S, Framboas M, et al. Experimental accelerated shelf-life determination of a ready-to-eat processed food. *Ital J Food Saf* 2018; 7: 6919. (4 pages).

---

# Shelf-Life Evaluation of Food Products “Nam Pla Wan” Using Accelerated Testing Method

---

**Patcharee Chittaphithakchai, Manita Looknampetch, Nuttacha Rujiwongsa,  
Suleeporn Yeetrakoonrat, Wilasinee Hamniem, and Wachirapa Kheowrod**

*Regional Medical Sciences Center 5 Samut Songkhram, Department of Medical Sciences, Muang District,  
Samut Songkhram 75000, Thailand*

**ABSTRACT** “Nam Pla Wan” is a Thai ready-to-eat dipping sauce typically consumed with sour fruits. The objective of this study was to evaluate the shelf life of Nam Pla Wan using Accelerated Shelf-life Testing to understand the quality changes at elevated storage temperatures. Sixty jars of Nam Pla Wan were stored at 4, 30, 35, and 45°C for 41 days. Samples were analyzed every 5 days to assess quality parameters, including total microbial count, water activity ( $a_w$ ), pH, and sensory evaluation. After 41 days of storage at 4°C and 30°C, the product quality remained within acceptable limits. Total microbial counts were within specified limits, with only slight changes in  $a_w$  and pH values. Sensory evaluation scores also remained favorable to the testers. In contrast, samples stored at 35°C and 45°C exhibited decreased sensory acceptability, reaching unacceptable levels after 36 and 11 days, respectively. The  $Q_{10}$  and  $Q_1$  values were calculated as 3.27 and 1.13, respectively, resulting in a predicted shelf life of 123 days at 25°C, which is consistent with the manufacturer’s specifications. This study suggests that temperature can be used as a basis for determining the shelf life of Nam Pla Wan. Additionally, due to the detection of initial microbial contamination and microbial growth at 30°C, future studies should be focused on identifying sources of contamination and developing methods to control and eliminate initial microbial contamination, thereby achieving a longer and safer product shelf life.

**Keywords:** Food shelf-life evaluation, Nam Pla Wan, Accelerated shelf-life testing