

การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรห้องปฏิบัติการผ่านการศึกษา การขยายระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังเตรียมสำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์ดัดกันในน้ำ

ชนิดา แซ่ไคว้ และ วรณญา เพชรมณี*

ศูนย์บริการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

*อีเมลผู้ประพันธ์บรรณกิจ: warunya.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการขยายระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังเตรียมสำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์ดัดกันในน้ำ ได้แก่ Lauryl Sulfate Broth, Brilliant Green Bile 2% (BGLB), EC Medium (EC), EC Medium with MUG (EC-MUG) และ MacConkey Agar (MCA) ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 - 8 องศาเซลเซียส จากเดิม 2 สัปดาห์ เป็น 5 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างจาก 1 รุ่นการเตรียมมาทดสอบ 3 ซ้ำ ตามมาตรฐาน ISO 11133 ได้แก่ ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การสูญเสีย น้ำ การปราศจากเชื้อ และประสิทธิภาพทางจุลชีววิทยาทุกสัปดาห์ต่อเนื่องกัน 5 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดยังคงความใส ไม่เปลี่ยนสี และปราศจากเชื้อปนเปื้อน มีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และมีการสูญเสียสูงสุดเพียงร้อยละ 4.91 ในอาหาร MCA ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 10) ด้านประสิทธิภาพทางจุลชีววิทยา อาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดยังคงส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์เป้าหมายและยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในเชิงบริหารจัดการทรัพยากรตลอดระยะเวลาศึกษา 12 สัปดาห์ การขยายอายุการเก็บรักษาเป็น 5 สัปดาห์ สามารถลดปริมาณของเสียและ ต้นทุนอาหารเลี้ยงเชื้อที่สูญเสียลงได้ร้อยละ 100 (คิดเป็นมูลค่า 2,626.30 บาท) ลดความถี่ในการเตรียมลงร้อยละ 21.43 ประหยัดเวลาการทำงานของบุคลากรร้อยละ 13.95 และลดรอบการฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง Autoclave ลงร้อยละ 15.79 สรุปได้ว่า การเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อภายใต้สภาวะควบคุมเข้มงวด สามารถขยายอายุการใช้งานเป็น 5 สัปดาห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรในห้องปฏิบัติการและสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: อาหารเลี้ยงเชื้อ, อายุการเก็บรักษา, จุลินทรีย์ดัดขึ้น, การพัฒนาที่ยั่งยืน

Enhancing Laboratory Resource Management Efficiency through the Study of Shelf-life Extension for Prepared Culture Media in Water Quality Indicator Microorganisms Analysis

Chanida Saekow and Warunya Phetmanee*

Center of Measurement and Standard Accreditation, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90110, Thailand

*Corresponding author e-mail: warunya.p@psu.ac.th

Abstract

This study aimed to evaluate the performance and feasibility of extending the shelf life of prepared culture media used for microbial indicator analysis in water, including Lauryl Sulfate Broth (LST; single-strength and double-strength), Brilliant Green Bile 2% (BGLB), EC Medium (EC), EC Medium with MUG (EC-MUG), and MacConkey Agar (MCA). The storage period was extended from 2 to 5 weeks under storage at 2 - 8 °C. Samples from a single prepared batch was randomly selected and tested in triplicate in accordance with ISO 11133 standards. The evaluation included physical properties, pH stability, dehydration percentage, sterility, and microbiological performance, monitored weekly for 5 consecutive weeks. The results demonstrated that all culture media remained clear, showed no color changes, and were completely free of microbial contamination. The pH values complied with the criteria, and the maximum dehydration percentage was only 4.91% for MCA, well below the 10% acceptable threshold. Regarding microbiological performance, all media successfully supported the growth of target microorganisms and effectively inhibited non-target strains. In terms of resource management over a 12-week study period, extending the shelf-life to 5 weeks reduced media waste and associated costs by 100% (equivalent to 2,626.30 Baht). It also decreased preparation frequency by 21.43%, reduced personnel workload by 13.95%, and lowered autoclave sterilization cycles by 15.79%. In conclusion, storing prepared culture media under strict controlled conditions effectively extends their shelf-life to 5 weeks, enhancing laboratory resource management efficiency in alignment with sustainable development approaches.

Keywords: Culture Media, Shelf-life Extension, Microbial Indicators, Sustainable Development

บทนำ

แบคทีเรียกลุ่ม Coliforms, Fecal coliforms และ *Escherichia coli* (*E. coli*) จัดอยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae ซึ่งพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมและในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในทางจุลชีววิทยา โดยทำหน้าที่เป็นจุลินทรีย์ดัชนี (Microbial indicators) เพื่อบ่งชี้สุขาภิบาลและคุณภาพความปลอดภัยของน้ำ ในการประเมินคุณภาพน้ำด้านจุลินทรีย์ตามเกณฑ์มาตรฐานสากลและระดับประเทศ นิยมใช้วิธี Multiple-tube Fermentation หรือ Most Probable Number (MPN) ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติในการประมาณค่าปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร กระบวนการดังกล่าวอาศัยการเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อคัดเลือก (Selective media) หลายชนิด ได้แก่ Lauryl Sulfate Broth (LST), Brilliant Green Bile 2% (BGLB), EC Medium (EC), EC Medium with MUG (EC-MUG) และ MacConkey Agar (MCA) ดังนั้นคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ทดสอบ

ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ศูนย์บริการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ยึดมั่นในการรักษามาตรฐานการวิเคราะห์ทดสอบให้เป็นไปตามระบบ ISO/IEC 17025:2017 อย่างเคร่งครัด และตระหนักถึงความสำคัญของการควบคุมคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยมีการกำหนดอายุการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อหลังเตรียมตามแนวทางของ American Public Health Association et al. (2023) คือ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 - 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ในทางปฏิบัติห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ล่วงหน้าเพื่อให้พร้อมรองรับการให้บริการวิเคราะห์ทดสอบอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตและติดตามการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ มักพบปัญหาการเหลือทิ้งของอาหารเลี้ยงเชื้อหลังครบกำหนดอายุการเก็บรักษาดังกล่าว โดยเฉพาะอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในขั้นตอนการทดสอบยืนยันผลและขั้นสมบูรณ์ (Confirmed and Completed test) เช่น BGLB, EC, EC-MUG และ MCA เนื่องจากปริมาณการใช้งานผันแปรตามจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบเชื้อในขั้นต้น (Presumptive test) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียอาหารเลี้ยงเชื้อโดยไม่จำเป็นเมื่อมีปริมาณตัวอย่างที่เป็นบวกต่ำ ทั้งนี้ แม้จากการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น อาทิ สี ความใส และปริมาตร จะยังคงสภาพสมบูรณ์ไม่แตกต่างจากอาหารเลี้ยงเชื้อเตรียมใหม่ การทำลายอาหารเลี้ยงเชื้อเหล่านี้ตามเกณฑ์เวลาเดิมจึงก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพยากร สารเคมี พลังงาน และภาระงานของบุคลากรโดยไม่จำเป็น

ด้วยเหตุนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ (SDGs Goal 12: Responsible Consumption and Production) ห้องปฏิบัติการจึงเล็งเห็นความสำคัญในการทำวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการขยายอายุการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อหลังเตรียมที่ใช้ในการทดสอบจุลินทรีย์ดัชนีในน้ำ ได้แก่ LST ความเข้มข้น 1 เท่า, LST ความเข้มข้น 2 เท่า (2LST), BGLB, EC, EC-MUG และ MCA โดยอ้างอิงการทวนสอบ (Verification) ประสิทธิภาพอาหารเลี้ยงเชื้อตามมาตรฐาน ISO 11133 (International Organization for Standardization, 2018) ภายใต้สภาวะการควบคุมอุณหภูมิที่ 2 - 8 องศาเซลเซียส ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะใช้เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาขยายระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อหลังเตรียมให้เหมาะสมกับกิจกรรมการวิเคราะห์ทดสอบของห้องปฏิบัติการ อีกทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากร ห้องปฏิบัติการให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาตามมาตรฐาน ISO 11133 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 ชนิด (LST, BGLB, EC, EC-MUG, MCA) ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์
2. เพื่อกำหนดแนวทางในการขยายระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อหลังเตรียมที่มีเกณฑ์ยอมรับตามมาตรฐานสากล
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากร (ตัวชี้วัด: ร้อยละของทรัพยากรที่ประหยัดได้) ตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการเก็บรักษา ดำเนินการโดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 5 ชนิด ชนิดละ 1 รุ่นการเตรียมจำนวน 100 หลอด/จาน นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อหรือ Autoclave (Tomy) จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ (Sanden) ที่ 2 - 8 องศาเซลเซียส ตรวจสอบความถูกต้องของอุณหภูมิจากหน้าจอแสดงผล วันละ 1 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

2. แผนการสุ่มตัวอย่างทดสอบ แบ่งอาหารเลี้ยงเชื้อออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.1 กลุ่มการทดสอบที่ไม่ทำลายตัวอย่าง: สุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อ 10 หลอด/จาน เพื่อใช้ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและการสูญเสียจากการระเหย (Dehydration) โดยใช้อาหาร 3 หลอด/จาน ศึกษาต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ ส่วนอาหารที่เหลือจะถูกจัดเก็บไว้เป็นตัวอย่างสำรองหากมีการคัดออกเมื่อไม่ผ่านตามเกณฑ์การยอมรับ

2.2 กลุ่มการทดสอบที่ต้องทำลายตัวอย่าง: สุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 90 หลอด/จาน สำหรับตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การปราศจากเชื้อ (Sterility test) และการทดสอบประสิทธิภาพทางจุลชีววิทยา โดยสุ่มตัวอย่างสัปดาห์ละ 9 หลอด/จาน นำมาทดสอบในแต่ละรายการทดสอบอย่างละ 3 หลอด/จาน ส่วนอาหารที่เหลือจะถูกจัดเก็บไว้เป็นตัวอย่างสำรองหากมีการคัดออกเมื่อไม่ผ่านตามเกณฑ์การยอมรับ

3. การทดสอบประสิทธิภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ ดำเนินการทดสอบทุกสัปดาห์ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ดังนี้

3.1 การตรวจประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยการสังเกตลักษณะสี ความใส การเกิดตะกอนของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยตาเปล่า เกณฑ์การยอมรับ คือ อาหารเลี้ยงเชื้อต้องใส ไม่มีตะกอน มีสีไม่เปลี่ยนแปลงไปจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมใหม่

3.2 การตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยวัดค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัด pH (Mettler Toledo) ที่ผ่านการปรับมาตรฐาน (Calibration) แบบ 3 จุดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.01, 7.00 และ 10.01 ก่อนการใช้งานทุกครั้ง เกณฑ์การยอมรับ คือ ค่า pH ต้องอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานตามที่กำหนดโดยผู้ผลิต ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า pH ที่กำหนดของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด

อาหารเลี้ยงเชื้อ	ค่า pH มาตรฐาน
Lauryl sulfate broth	6.8±0.2
Brilliant green bile broth 2%	7.2±0.2
EC medium	6.9±0.2
EC broth with MUG	6.9±0.2
MacConkey agar	7.1±0.2

3.3 การประเมินการสูญเสียในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยการชั่งน้ำหนักอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเครื่องชั่ง ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius) เปรียบเทียบน้ำหนักเริ่มต้นกับน้ำหนักหลังการเก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์ เกณฑ์การยอมรับ คือ ต้องมีร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงไม่เกิน 10

3.4 การทดสอบการปราศจากเชื้อ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่าและนำอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ (Binder) ที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เกณฑ์การยอมรับ คือ ต้องไม่ปรากฏการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ กล่าวคือ อาหารเลี้ยงเชื้อยังคงลักษณะใสหรือไม่มีโคโลนีของเชื้อเจริญ

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพทางจุลชีววิทยา (Productivity, Selectivity และ Specificity) ด้วยวิธี Qualitative single tube method (LST, 2LST, BGLB, EC และ EC-MUG) และวิธี Qualitative streaking method (MCA) มีขั้นตอนดังนี้

3.5.1 Qualitative single tube method

- เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบในอาหารเหลว Tryptic Soy Broth (TSB) โดยใช้จุลินทรีย์เป้าหมาย คือ *E. coli* DMST 4212 ให้มีจำนวนเชื้อประมาณ 100 CFU/มิลลิลิตร และเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมาย *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) DMST 4737 สำหรับทดสอบอาหารเลี้ยงเชื้อ LST, 2LST, BGLB และ *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) DMST 4739 สำหรับทดสอบอาหารเลี้ยงเชื้อ EC ให้มีจำนวนเชื้อ $\geq 10^5$ CFU/มิลลิลิตร

- ถ่ายเชื้อที่เตรียมได้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้องการทดสอบ 1 หลอด

- นำอาหารเลี้ยงเชื้อ LST, 2LST, BGLB บ่มในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส และอาหารเลี้ยงเชื้อ EC และ EC-MUG บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert) ที่ 44.5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง

- ประเมินคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยเปรียบเทียบความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อระหว่างหลอดทดสอบกับหลอดที่ไม่เติมเชื้อ เกณฑ์การให้คะแนน

0 คะแนน: ไม่ขุ่น ไม่มีแก๊สในหลอดดักแก๊ส แสดงว่าเชื้อไม่เจริญ

1 คะแนน: ขุ่นเล็กน้อย ไม่มีแก๊สในหลอดดักแก๊ส แสดงว่าเชื้อเจริญได้ไม่ดี

2 คะแนน: ขุ่นมาก มีแก๊สในหลอดดักแก๊ส แสดงว่าเชื้อเจริญได้ดี

- เกณฑ์การยอมรับ เชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายต้องได้ 2 คะแนน และในอาหาร EC-MUG ต้องเรืองแสงเมื่อส่องภายใต้แสง UV ที่ 365 นาโนเมตร ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมายต้องได้ 0 หรือ 1 คะแนน

3.5.2 Qualitative streaking method

- เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบในอาหารเหลว TSB โดยใช้จุลินทรีย์เป้าหมาย คือ *E. coli* DMST 4212 และ *Proteus mirabilis* (*P. mirabilis*) ให้ได้จำนวนเชื้อประมาณ 10^6 CFU/มิลลิลิตร และเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมาย *E. faecalis* DMST 4737 ให้ได้จำนวนเชื้อ $\geq 10^7$ CFU/มิลลิลิตร

- ใช้ loop มาตรฐาน ขนาด 1 ไมโครลิตร ชีตเช็บบนอาหารทดสอบเป็นเส้นตรง เว้นระยะห่างพอสมควร จะได้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมาย $10^3 - 10^4$ CFU/loop และเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมาย $\geq 10^4$ CFU/loop

- บ่มในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง

- ประเมินคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยสังเกตการเจริญของเชื้อ แล้วให้คะแนน ดังนี้

0 คะแนน: เชื้อไม่ขึ้นหรือขึ้นน้อยมาก

1 คะแนน: มีเชื้อไม่เต็มเส้น

2 คะแนน: มีเชื้อเต็มเส้น

- เกณฑ์การยอมรับ เชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายต้องได้ 2 คะแนน ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมายต้องได้ 0 หรือ 1 คะแนน สำหรับการสังเกตลักษณะเฉพาะของโคโลนี ให้ทำการ streak เชื้อจนได้โคโลนีเดี่ยว โดย *E. coli* ต้องมีโคโลนีสีชมพูและมีตะกอนขุ่นล้อมรอบและ *P. mirabilis* ต้องมีโคโลนีใส

4. การประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากร โดยใช้ข้อมูลการเตรียมและใช้งานอาหารเลี้ยงเชื้อระหว่างเกณฑ์อายุการเก็บรักษา 2 และ 5 สัปดาห์ (ระยะเวลาศึกษา 12 สัปดาห์) เป็นดัชนีชี้วัดเชิงปฏิบัติการ โดยพิจารณา ดังนี้

4.1 ปริมาณของเสียและต้นทุนอาหารเลี้ยงเชื้อ: บันทึกจำนวนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหลือใช้และหมดอายุการเก็บรักษา นำมาคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากราคาต้นทุนต่อหน่วย

4.2 ภาระงานของบุคลากร: บันทึกความถี่ (ครั้ง) ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ (ชั่วโมง) ตั้งแต่การเตรียมอุปกรณ์ ตลอดจนการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

4.3 การใช้พลังงาน: บันทึกจำนวนรอบการฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง Autoclave ในขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.4 นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบและคำนวณหาร้อยละของทรัพยากรที่ประหยัดได้ จากสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{ร้อยละของทรัพยากรที่ประหยัดได้} = ((V1 - V2) / V1) \times 100$$

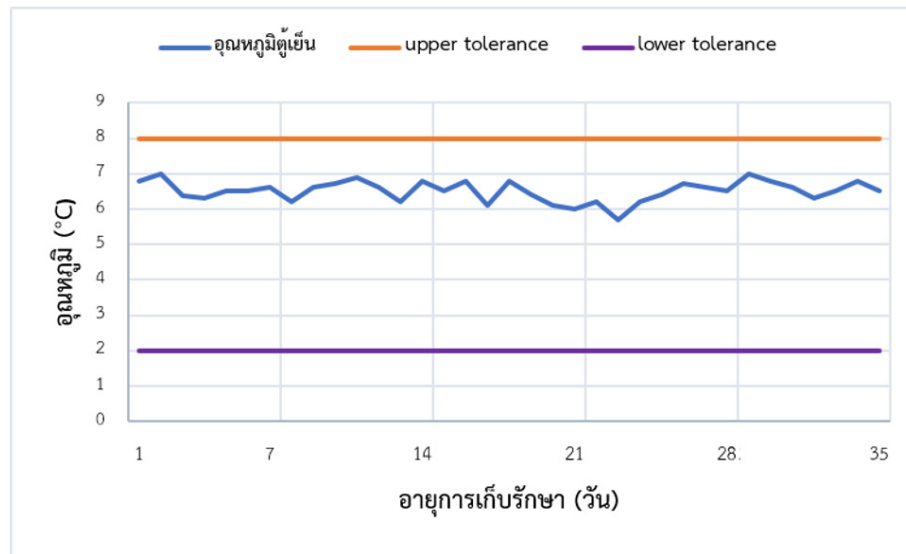
เมื่อ V1 คือ ค่าดัชนีชี้วัดเชิงปฏิบัติการภายใต้เกณฑ์อายุการเก็บรักษาเดิม (2 สัปดาห์)

V2 คือ ค่าดัชนีชี้วัดเชิงปฏิบัติการภายใต้เกณฑ์อายุการเก็บรักษาใหม่ (5 สัปดาห์)

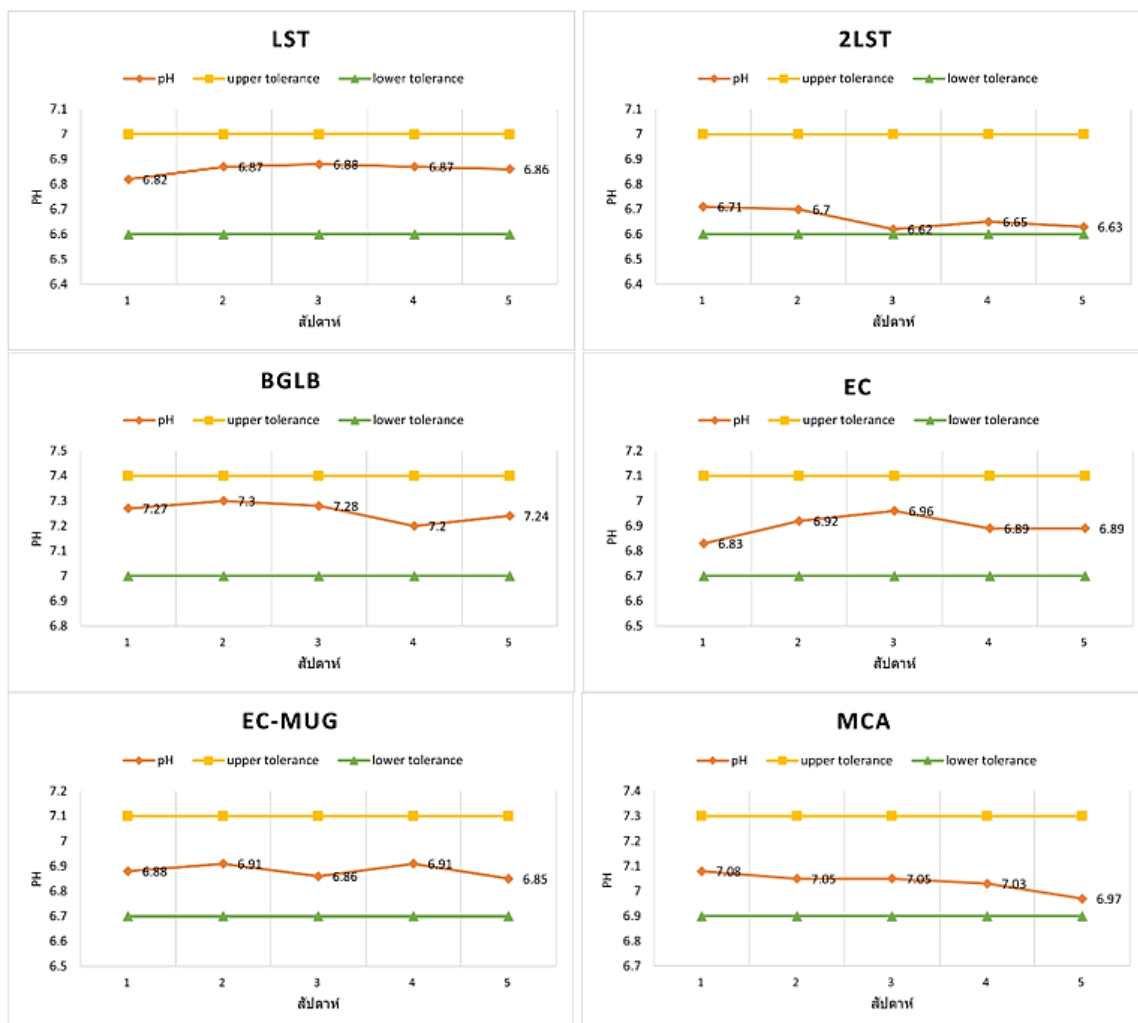
ผลการวิจัย

1. การควบคุมสถานะอุณหภูมิในการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อ

จากการบันทึกอุณหภูมิของตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิวันละ 1 ครั้ง ตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ (35 วัน) พบว่าการจัดเก็บอาหารเลี้ยงเชื้อมีเสถียรภาพสูง โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 2 - 8 องศาเซลเซียสตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 1 และมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.5 ± 0.3 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1 อุณหภูมิที่ขึ้นในการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อตลอด 5 สัปดาห์



ภาพที่ 2 แสดงค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด ในสัปดาห์ที่ 1 - 5

2. การตรวจประเมินลักษณะทางกายภาพ

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพด้วยตาเปล่าอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดยังคงมีลักษณะทางกายภาพคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง โดยสีของอาหารเลี้ยงเชื้อไม่เปลี่ยนแปลงจากสีเริ่มต้น ได้แก่ 2LST สีเหลืองอมน้ำตาล, LST, EC และ EC-MUG สีเหลือง, BGLB สีเขียวมรกต และ MCA สีแดงอมม่วง นอกจากนี้อาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดมีความใส ไม่พบตะกอนหรือความขุ่น และไม่พบการเกิดแก๊สในหลอดดักแก๊ส

3. การตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลการตรวจวัดค่า pH ในแต่ละสัปดาห์ พบว่ามีความแปรปรวนเล็กน้อยดังแสดงในภาพที่ 2 โดยมีค่า pH เฉลี่ยตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิดดังนี้: 2LST เท่ากับ 6.66 ± 0.04 , LST เท่ากับ 6.68 ± 0.02 , BGLB เท่ากับ 7.26 ± 0.04 , EC เท่ากับ 6.90 ± 0.05 , EC-MUG เท่ากับ 6.88 ± 0.03 และ MCA เท่ากับ 7.04 ± 0.04 อย่างไรก็ตาม ค่า pH ทั้งหมดยังอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานที่กำหนดโดยผู้ผลิอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

4. การประเมินการสูญเสียน้ำในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Dehydration)

จากการตรวจสอบการสูญเสียน้ำในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยการชั่งน้ำหนักอาหารเลี้ยงเชื้อที่หายไปในช่วงการเก็บรักษา พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดมีการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยมีร้อยละของน้ำหนักที่ลดลงสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 ในอาหาร MCA คือ ร้อยละ 4.91 สำหรับอาหารเหลวมีการสูญเสียน้ำใกล้เคียงกัน โดยมีร้อยละของน้ำหนักอาหารเลี้ยงเชื้อที่ลดลงในสัปดาห์ที่ 5 ร้อยละ 0.39 - 0.86 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์กำหนด คือ ไม่เกินร้อยละ 10 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละของน้ำหนักอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่างๆ ที่ลดลงในสัปดาห์ที่ 1 - 5

สัปดาห์ที่	ร้อยละของน้ำหนักอาหารเลี้ยงเชื้อที่ลดลง					
	LST	2LST	BGLB	EC	EC-MUG	MCA
1	0.06	0.16	0.17	0.06	0.21	1.29
2	0.29	0.49	0.40	0.15	0.37	2.45
3	0.39	0.68	0.48	0.27	0.54	2.94
4	0.43	0.76	0.55	0.31	0.66	4.17
5	0.56	0.86	0.63	0.39	0.70	4.91

5. การทดสอบการปราศจากเชื้อ

จากการสังเกตการเจริญของเชื้อด้วยตาเปล่า พบว่าไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิด เมื่อสูบลำอาหารเลี้ยงเชื้อไปบนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อาหารเลี้ยงเชื้อยังคงใส ไม่พบโคโลนีของเชื้อ แสดงให้เห็นว่าอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดยังคงปราศจากเชื้อตลอดการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

6. การทดสอบประสิทธิภาพทางจุลชีววิทยา

จากการทดสอบคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายและจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายในปริมาณที่มาตรฐานกำหนดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เก็บรักษาไว้ ให้ผลคะแนนการเจริญเติบโตคงที่เท่ากันในทุกตัวอย่างที่สุ่มตรวจทุกซ้ำ กล่าวคือ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Qualitative single tube method อาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดยังคงสนับสนุนการเจริญของเชื้อเป้าหมายได้ดีเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ คือ มีการเจริญของเชื้อ *E. coli* ในอาหารเหลวที่ระดับความขุ่น 2 มีแก๊สในหลอดดักแก๊สและมีการเรืองแสงในอาหาร EC-MUG เมื่อส่องภายใต้แสง UV นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายได้ คือ *E. faecalis* และ *P. aeruginosa* โดยไม่มีการเจริญของเชื้อหรือเจริญเล็กน้อย มีระดับความขุ่นที่ 0 หรือ 1 คะแนน ไม่มีแก๊สในหลอดดักแก๊ส ดังแสดงในตารางที่ 3 และเมื่อนำอาหาร MCA มาทดสอบด้วยวิธี Qualitative streaking method พบว่าตลอดทั้ง 5 สัปดาห์ เชื้อเป้าหมายเจริญได้ดีเต็มเส้น มีคะแนนการเจริญระดับ 2 โดย *E. coli* ให้ลักษณะโคโลนีสีชมพู มีตะกอนขุ่นสีชมพูล้อมรอบ ส่วน *P. mirabilis* มีลักษณะโคโลนีใส และสามารถยับยั้งการเจริญของ *E. faecalis* ได้ดี ไม่มีเชื้อเจริญ มีคะแนนการเจริญระดับ 0 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Qualitative single tube method

ลำดับที่	เชื้อทดสอบ	ประเภทเชื้อ	ปริมาณเชื้อทดสอบ (CFU)	คะแนนการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่างๆ				
				LST	2LST	BGLB	EC	EC-MUG
1	<i>E. coli</i>	Target	66	2	2	2	2	2 เรืองแสง
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	6.7×10^7	1	0	1	N/A	N/A
	<i>P. aeruginosa</i>	Non-Target	4.2×10^7	N/A	N/A	N/A	0	N/A
2	<i>E. coli</i>	Target	58	2	2	2	2	2 เรืองแสง
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	4.3×10^7	1	1	1	N/A	N/A
	<i>P. aeruginosa</i>	Non-Target	5.2×10^7	N/A	N/A	N/A	0	N/A
3	<i>E. coli</i>	Target	43	2	2	2	2	2 เรืองแสง
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	3.7×10^7	1	0	1	N/A	N/A
	<i>P. aeruginosa</i>	Non-Target	7.6×10^7	N/A	N/A	N/A	0	N/A
4	<i>E. coli</i>	Target	48	2	2	2	2	2 เรืองแสง
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	2.7×10^7	1	1	1	N/A	N/A
	<i>P. aeruginosa</i>	Non-Target	4.5×10^7	N/A	N/A	N/A	0	N/A
5	<i>E. coli</i>	Target	68	2	2	2	2	2 เรืองแสง
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	3.9×10^7	1	1	1	N/A	N/A
	<i>P. aeruginosa</i>	Non-Target	3.2×10^7	N/A	N/A	N/A	0	N/A

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Qualitative streaking method

ลำดับที่	เชื้อทดสอบ	ประเภทเชื้อ	ปริมาณเชื้อ (CFU/Loop)	คะแนนการเจริญ	ลักษณะโคโลนี
1	<i>E. coli</i>	Target	6.6×10^3	2	สีชมพู มีตะกอนขุ่นล้อมรอบ
	<i>P. mirabilis</i>	Target	5.1×10^3	2	ใส ไม่มีสี
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	6.7×10^5	0	N/A
2	<i>E. coli</i>	Target	5.8×10^3	2	สีชมพู มีตะกอนขุ่นล้อมรอบ
	<i>P. mirabilis</i>	Target	4.7×10^3	2	ใส ไม่มีสี
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	4.3×10^5	0	N/A
3	<i>E. coli</i>	Target	4.3×10^3	2	สีชมพู มีตะกอนขุ่นล้อมรอบ
	<i>P. mirabilis</i>	Target	4.2×10^3	2	ใส ไม่มีสี
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	3.7×10^5	0	N/A
4	<i>E. coli</i>	Target	4.8×10^3	2	สีชมพู มีตะกอนขุ่นล้อมรอบ
	<i>P. mirabilis</i>	Target	3.6×10^3	2	ใส ไม่มีสี
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	2.7×10^5	0	N/A
5	<i>E. coli</i>	Target	6.8×10^3	2	สีชมพู มีตะกอนขุ่นล้อมรอบ
	<i>P. mirabilis</i>	Target	5.0×10^3	2	ใส ไม่มีสี
	<i>E. faecalis</i>	Non-Target	3.9×10^5	0	N/A

7. การประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากร

จากการเปรียบเทียบข้อมูลการเตรียมและใช้งานอาหารเลี้ยงเชื้อ ให้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 5 โดยพบว่ามีอาหารเลี้ยงเชื้อที่หมดอายุเหลือใช้ในสัปดาห์ที่ 2 สูงถึง 669 หลอด/จาน คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียของต้นทุนค่าอาหารเลี้ยงเชื้อ 2,626.30 บาท แต่เมื่อขยายระยะเวลาหมดอายุการเก็บรักษาเป็น 5 สัปดาห์ ปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อที่หมดอายุและต้นทุนที่สูญเสียเหลือศูนย์ ลดของเสีย

สะสมร้อยละ 100 และในด้านการะงานพบว่า ความถี่ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อลดลงร้อยละ 21.43 ส่งผลให้เวลาที่บุคลากรต้องใช้ ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อลดลงจาก 43 ชั่วโมง เหลือ 37 ชั่วโมง สามารถประหยัดเวลาการทำงานสะสมได้ถึง 6 ชั่วโมง (ลดลงร้อยละ 13.95) รวมทั้งจำนวนรอบการทำงานของเครื่อง Autoclave ลดลงจาก 19 ครั้ง เหลือ 16 ครั้ง คิดเป็นอัตราการลดการใช้เครื่องมือ ลดร้อยละ 15.79 เนื่องจากลดความถี่ในการเตรียมอาหารใหม่

ตารางที่ 5 ร้อยละของทรัพยากรที่ประหยัดได้

ดัชนีชี้วัดเชิงปฏิบัติการ	อายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์	อายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์	ผลต่าง	ร้อยละของทรัพยากร ที่ประหยัดได้
อาหารเลี้ยงเชื้อเหลือใช้ (หลอด/จาน)	669	0	669	100
ต้นทุนอาหารเลี้ยงเชื้อที่สูญเสีย (บาท)	2,626.30	0	2,626.30	100
จำนวนครั้งในการเตรียม (ครั้ง)	14	11	3	21.43
เวลาที่ใช้ในการเตรียม (ชั่วโมง)	43	37	6	13.95
รอบการฆ่าเชื้อด้วย Autoclave (ครั้ง)	19	16	3	15.79

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินประสิทธิภาพอาหารเลี้ยงเชื้อหลังเตรียม 5 ชนิด ได้แก่ LST (ความเข้มข้น 1 เท่าและ 2 เท่า), BGLB, EC, EC-MUG และ MCA ที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 6.5 ± 0.3 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่ายังคงมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน ISO 11133 โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและการปนเปื้อน ทั้งนี้ยังให้ค่า pH และการสูญเสียในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และยังสามารถส่งเสริมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายพร้อมทั้งยังเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การขยายระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 2 สัปดาห์เป็น 5 สัปดาห์ ยังช่วยลดปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อหมดอายุและต้นทุนที่สูญเสียได้ร้อยละ 100 ลดภาระงานบุคลากร ลดเวลาในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ลดการใช้เครื่อง Autoclave ส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรในห้องปฏิบัติการอย่างคุ้มค่าและสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อหลังการเตรียมจากเดิมกำหนดไว้ที่ 2 สัปดาห์ตามแนวทางปฏิบัติของ American Public Health Association et al. (2023) ออกไปเป็น 5 สัปดาห์ เพื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดสอบทุกสัปดาห์ต่อเนื่องกัน พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อหลังเตรียมทั้ง 5 ชนิด ที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 6.5 ± 0.3 องศาเซลเซียส ยังคงคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสิทธิภาพทางจุลชีววิทยาตามเกณฑ์การยอมรับของมาตรฐาน ISO 11133 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ulisse et al. (2006) และ Komkaew and Saoha (2024) ที่ระบุว่า การเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อในสภาวะที่เหมาะสมจะสามารถยืดอายุการใช้งานได้นานกว่าที่กำหนดไว้เดิม

ในด้านลักษณะทางกายภาพ ตลอด 5 สัปดาห์พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดยังคงมีความใส ไม่ตกตะกอน และมีสีเดิมไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากการควบคุมสภาวะการจัดเก็บที่ป้องกันไม่ให้อาหารสัมผัสกับแสงโดยตรง โดยเฉพาะอาหาร BGLB ซึ่งมี Brilliant green เป็นองค์ประกอบหลักที่ไวต่อแสงในกลุ่ม Triphenylmethane dye หากสัมผัสแสงจะเกิดการซีดจางและสูญเสียฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช่เป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่า pH ที่คงอยู่ในช่วงเกณฑ์กำหนดไม่เกิน ± 0.2 หน่วยจากที่กำหนดโดยผู้ผลิต แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ Phosphate buffer (K_2HPO_4 และ KH_2PO_4) ในอาหาร LST, EC และ EC-MUG ที่ช่วยรักษาความเสถียรของค่า pH ในขั้นตอนการฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ซึ่งมักทำให้ pH ลดลง 0.1 - 0.3 หน่วย โดยเฉพาะในสูตรความเข้มข้น 2 เท่า (2LST) การรักษาค่า pH ให้คงที่นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมและการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์จุลินทรีย์ (Atlas, 2010) รวมถึงป้องกันการตกตะกอนของเกลือแร่และวิตามินในอาหารเลี้ยงเชื้อที่อาจทำให้ประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อลดลง (American Public Health Association et al., 2017)

ด้านการสูญเสีย พบว่าอาหารทุกชนิดมีแนวโน้มสูญเสียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา แต่ไม่เกินร้อยละ 10 ตามเกณฑ์ที่อาจส่งผลกระทบต่อค่าจำนวนค่า MPN โดยอาหารแข็ง (MCA) มีอัตราการสูญเสียน้ำสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 เนื่องจากงานเพาะเชื้อมีพื้นที่หน้าตัดสัมผัสอากาศมากกว่าและฝาปิดไม่สนิทเท่าหลอดทดลอง อย่างไรก็ตาม การควบคุมอุณหภูมิที่ 2-8 องศาเซลเซียสซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ประกอบกับการบรรจุงานเพาะเชื้อในถุงพลาสติกปิดสนิทและใช้ฝาปิดหลอดทดลองแทนการจุกสำลีสามารถชะลอ

อัตราการระเหยได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ สภาวะอุณหภูมิต่ำดังกล่าวยังช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลการทดสอบความปราศจากเชื้อผ่านเกณฑ์กำหนด โดยไม่พบการเจริญของเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่างจากการศึกษาของ Komkaew and Saoha (2024) ที่เก็บอาหารเลี้ยงเชื้อในอุณหภูมิห้อง (28.8 °C) และห้องเย็นทั่วไป (13.3 °C) ซึ่งพบการปนเปื้อนของเชื้อราและแบคทีเรียตั้งแต่วันที่ 15 และ 60 ของการจัดเก็บ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เก็บนาน 5 สัปดาห์ ยังคงมีคุณสมบัติในการสนับสนุนการเจริญของจุลินทรีย์เป้าหมาย (Productivity) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเจริญและหมักน้ำตาลแลคโตสให้แก๊สในหลอดดักแก๊สได้อย่างสมบูรณ์ และในอาหาร EC-MUG เอนไซม์ β -glucuronidase (GUD) ของ *E. coli* ยังคงทำปฏิกิริยากับสาร MUG เกิดเป็นสาร 4-methylumbelliferone (4-MU) ที่เรืองแสงสีฟ้าภายใต้รังสี UV 365 นาโนเมตรได้อย่างชัดเจน ขณะเดียวกัน คุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่เป้าหมาย (Selectivity) และคุณลักษณะเฉพาะ (Specificity) ยังคงทำงานได้ดี โดยสารคัดเลือกร่วม Sodium lauryl sulfate ใน LST และ Bile salts ร่วมกับ Crystal violet ในอาหารชนิดอื่น ๆ และ MCA ไม่เกิดการเชื่อมสภาพ จึงสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ไม่ใช่เป้าหมาย และแสดงลักษณะโคโลนีสีชมพูของเชื้อที่หมักแลคโตสบน MCA ได้อย่างชัดเจน ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่องานวิเคราะห์ที่ต้องการตรวจหาจุลินทรีย์ดัชนีที่อาจอยู่ในสภาวะเครียดหรือบาดเจ็บจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ในเชิงการบริหารจัดการกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน พบว่าการขยายอายุการเก็บรักษานี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี โดยสามารถลดปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อหมดอายุเหลือทิ้งและต้นทุนที่สูญเสียได้ถึงร้อยละ 100 (คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้ 2,626.30 บาทในระยะเวลาศึกษา 12 สัปดาห์) ลดความถี่ในการเตรียมลงร้อยละ 21.43 ส่งผลให้ประหยัดเวลาการทำงานของบุคลากรสะสมได้ร้อยละ 13.95 (จาก 43 ชั่วโมง เหลือ 37 ชั่วโมง) และลดภาระการใช้เครื่อง Autoclave ลงร้อยละ 15.79 ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานและทรัพยากรในห้องปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แม้อาหารเลี้ยงเชื้อจะผ่านพ้นระยะเวลาเก็บรักษาตามเกณฑ์มาตรฐานเดิมไปแล้ว แต่หากมีระบบการควบคุมสภาวะการจัดเก็บที่เข้มงวดตามมาตรฐาน อาหารเลี้ยงเชื้อเหล่านั้นยังคงรักษาประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงและจำแนกจุลินทรีย์เป้าหมายได้อย่างแม่นยำ ไม่แตกต่างจากอาหารเลี้ยงเชื้อเตรียมใหม่ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนนโยบายการบริหารจัดการทรัพยากรห้องปฏิบัติการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตามแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) และห้องปฏิบัติการสามารถนำผลการศึกษาไปปรับใช้ในเชิงปฏิบัติได้ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอาหารเลี้ยงเชื้อหลายรุ่นการเตรียมหรือหลายรุ่นการผลิต (Lot.) ก่อนนำไปใช้จริงด้วยการแก้ไขขั้นตอนการดำเนินงานมาตรฐาน (SOP) เพื่อขยายอายุการใช้งานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 5 ชนิดเป็น 5 สัปดาห์ ได้อย่างน่าเชื่อถือ หรือศึกษาถึงขีดจำกัดสูงสุด (Maximum shelf-life) ในระยะเวลาที่มากกว่า 5 สัปดาห์รวมถึงการขยายผลการศึกษาไปยังกลุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ห้องปฏิบัติการสามารถยกระดับการบริหารทรัพยากรได้อย่างครบวงจรและยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับทุนสนับสนุนโครงการพัฒนาค้น พัฒนางาน จากเงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2568 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ วท. 68002 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2023). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (24th ed.). American Public Health Association.
- Atlas, R. M. (2010). *Handbook of microbiological media* (4th ed.). CRC Press.
- International Organization for Standardization. (2018). *Microbiology of food, animal feed and water — Preparation, production, storage and performance testing of culture media — Amendment 1* (ISO Standard No. 11133:2014/Amd 1:2018).

- Komkaew, P., & Saoha, C. (2024). Effect of temperature on preservation of prepared medium from expired and non-expired media and the growth of microbes. *KKU Science Journal*, 52(2), 182-198.
- Ulisse, S., Peccio, A., Orsini, G., & Di Emidio, B. (2006). A study of the shelf-life of critical culture media. *Veterinaria Italiana*, 42(3), 237-247.