

Research article

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเพาะเชื้อจากเลือด
AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX ในการตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างเลือดที่เติมเชื้อ
Performance Comparison of AUTOBIO BC60 and BD BACTEC™ FX
Blood Culture Systems for Detecting Microorganisms in Spiked Blood Samples

พัชรี กัมมารเจษฎากุล^{1*}, นัจญวา รอมาลี¹, วชรินทร์ รังษิภาณูรัตน์¹,
มานพ สุทธิประภา², อาทิตย์ ปิยะชัยवाल²,
Patcharee Kammarnjassadakul^{1*}, Najawa Rormalee¹, Watcharin Rangsipanuratn¹
Manop Suttiprapha², Arthit Piyachatchawal²

¹คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

²กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์และพยาธิวิทยาคลินิก โรงพยาบาลสมุทรปราการ

¹Faculty of Medical Technology, Huachiew Chalermprakiet University

²Medical Technology and Clinical Pathology Department, Samutprakan Hospital

*Corresponding Author, e-mail: kpatcharee@gmail.com

Received: 8 December 2025; Revised: 6 February 2026; Accepted: 17 March 2026

บทคัดย่อ

บทนำ: ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด เป็นกลุ่มอาการที่เป็นอันตรายถึงชีวิต ดังนั้นการระบุเชื้อก่อโรคได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำจึงมีความสำคัญสูงสุดต่อการรักษาที่มีประสิทธิภาพ **วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเพาะเชื้อในเลือดอัตโนมัติ 2 ระบบ ได้แก่ AUTOBIO BC60 และระบบอ้างอิง BD BACTEC™ FX ซึ่งทั้งสองระบบใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ CO₂ ในการติดตามการเติบโตของจุลินทรีย์ **วิธีการศึกษา:** เปรียบเทียบโดยใส่เชื้อจุลินทรีย์ในขวดเพาะเชื้อในเลือดอัตโนมัติประกอบด้วยเชื้อสายพันธุ์มาตรฐาน และเชื้อที่แยกได้จากเลือดของผู้ป่วย โรงพยาบาลสมุทรปราการ ประเมินระยะเวลาในการตรวจพบเชื้อ (Time to positive; TTP) และอัตราการตรวจพบเชื้อ (Recovery rate; RR) และยืนยันชนิดเชื้อด้วยเทคนิค MALDI-TOF MS **ผลการศึกษา:** ผลการวิเคราะห์ในภาพรวมแสดงให้เห็นว่า TTP และ RR ของทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value > 0.05) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจำแนกตามกลุ่มเชื้อ พบว่าระบบ BD BACTEC™ FX มี TTP สำหรับ gram-positive bacteria และ gram-negative bacteria สั้นกว่าระบบ AUTOBIO BC60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) ในขณะที่ระบบ AUTOBIO BC60 มีข้อได้เปรียบในการตรวจพบ Cryptococcus neoformans (C. neoformans) ได้เร็วกว่า แต่มีข้อจำกัดคือไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่ม alkaliphiles **บทสรุป:** ระบบ BD BACTEC™ FX มีจุดเด่นด้านความเร็วในการตรวจพบแบคทีเรียก่อโรคหลักทั้ง gram-positive bacteria และ gram-negative bacteria ส่วนระบบ AUTOBIO BC60 มีข้อได้เปรียบในการตรวจพบ C. neoformans แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับเชื้อกลุ่ม alkaliphiles ดังนั้นควรมีการประเมินความเสี่ยงอย่างรอบคอบเกี่ยวกับเชื้อบางกลุ่มต่อไป

คำสำคัญ: BD BACTEC™ FX, AUTOBIO BC60, ระบบเพาะเชื้อในเลือดอัตโนมัติ, ขวดเพาะเชื้อในเลือดอัตโนมัติ

Abstract

Introduction: Sepsis represents a critical medical condition, therefore the prompt and precise identification of the causative pathogen is essential for effective therapeutic intervention. **Objective:** The aim of this study was to evaluate the performance of two automated blood culture systems, AUTOBIO BC60 and the reference blood culture system BD BACTEC™ FX, both utilizing CO₂ sensor technology for the monitoring of microbial growth. **Methods:** This study employed a comparative analysis by inoculating blood culture bottles with both reference strains and clinical isolates obtained from patients at Samutprakan Hospital.

The parameters evaluated were Time to Positive (TTP) and the Recovery Rate (RR). All microbial identifications were further validated using MALDI-TOF MS technology **Results:** The comprehensive statistical analysis revealed no significant differences in TTP and RR between the two systems (p -value > 0.05). However, subgroup analysis revealed that the BD BACTEC™ FX system had a significantly shorter TTP for gram-positive and gram-negative bacteria compared to the AUTOBIO BC60 ($p < 0.05$). However, the AUTOBIO BC60 system showed a distinct advantage in detecting *Cryptococcus neoformans* (*C. neoformans*) faster than the reference system. Conversely, it exhibited limitations in supporting the growth of alkaliphilic microorganisms **Conclusion:** The BD BACTEC™ FX system reveals the rapid detection of major gram-positive and gram-negative bacterial pathogens, while the AUTOBIO BC60 offers an advantage specifically for *C. neoformans* but is limitations regarding alkaliphiles. Therefore, careful risk assessment concerning specific microbial groups should be considered.

Keywords: BD BACTEC™ FX, AUTOBIO BC60, Automated blood culture systems, Blood culture bottles

บทนำ (Introduction)

ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด (Bloodstream Infection: BSI) หรือ sepsis เป็นมากกว่าแค่การติดเชื้อ แต่คือการตอบสนองของร่างกายที่รุนแรงและควบคุมไม่ได้ต่อเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดที่เข้ามาในกระแสเลือด ทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และปรสิต ซึ่งหากไม่ได้รับการรักษาที่รวดเร็วและตรงจุด จะลุกลามอย่างรวดเร็วไปสู่ภาวะช็อก (septic shock) และอวัยวะล้มเหลวหลายส่วน (Multiple Organ Dysfunction Syndrome: MODS) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิต ในปี ค.ศ. 2020 ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้รายงานสถิติผู้ป่วยที่มีภาวะ Sepsis พบว่าในแต่ละปีมีผู้ป่วยติดเชื้อในกระแสเลือดประมาณ 47 - 50 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 11 ล้านคน เมื่อนำมาคิดเป็นสัดส่วนพบว่าเป็นสาเหตุของ 1 ใน 5 ของการเสียชีวิตทั่วโลก^{1,2} เนื่องจากการวินิจฉัยที่ล่าช้ายังเพิ่มโอกาสการเสียชีวิตของผู้ป่วย รวมถึงทำให้เกิดปัญหาเชื้อดื้อยาที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน³ สำหรับประเทศไทย ภาวะของโรคนี้เป็นปัญหาสำคัญที่คุกคามต่อชีวิตของประชาชน จากรายงานของกระทรวงสาธารณสุขในปี พ.ศ. 2566 - 2567 มีอัตราเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อในกระแสเลือดแบบรุนแรงชนิด community - acquired ของประเทศคิดเป็นร้อยละ 23.9 ลดลงเป็นร้อยละ 22.5 ในปี พ.ศ. 2568 เฉพาะในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าในปี พ.ศ. 2566 - 2567 มีอัตราเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อในกระแสเลือดแบบรุนแรงชนิด community -acquired ร้อยละ 39.8 ลดลงเป็นร้อยละ 36.5 ในปี พ.ศ. 2568 แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่ทางกระทรวงได้ตั้งไว้ให้ต่ำกว่าร้อยละ 24⁴ สำหรับโรงพยาบาลสมุทรปราการได้มีความพยายามในการบริหารจัดการและดูแลผู้ป่วยติดเชื้อในกระแสเลือดให้เป็นการจัดการที่เชื่อมโยงสหสาขาวิชาชีพให้ตระหนักและวางแผนจัดการไปในทิศทางเดียวกัน จนทำให้อัตราการพบผู้ป่วยติดเชื้อในกระแสเลือดลดลง จากร้อยละ 19.4 ในปี พ.ศ. 2565 เป็นร้อยละ 10.5 ในปี พ.ศ. 2568 แต่ก็ยังถือว่าจำนวนผู้ป่วยยังคงอยู่ในระดับสูง และการรักษาผู้ป่วยในกลุ่มนี้ส่วนมากไม่สามารถกลับไปใช้ชีวิต

ได้เหมือนเดิม หรืออาจต้องรักษาตัวอยู่ในโรงพยาบาลระยะยาว และจำเป็นต้องอาศัยเครื่องช่วยหายใจ ทำให้อาจเพิ่มปัญหาเชื้อแบคทีเรียดื้อยาหลายชนิด (Multi-drug Resistant Organisms) เช่น *Acinetobacter* spp และ *Pseudomonas* spp. เชื้อเหล่านี้จำกัดทางเลือกในการรักษาและเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องยาปฏิชีวนะทางเลือกสุดท้ายอย่าง carbapenem และ colistin⁵ ความรู้ทางการแพทย์ในปัจจุบันร่วมกับวิธีการวินิจฉัยที่มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้จะช่วยลดอัตราการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของผู้ป่วยได้อย่างมาก การตรวจพบเชื้อเหล่านี้ได้เร็วขึ้นสามารถสร้างความแตกต่างระหว่างความเป็นกับความตายได้ การเพาะเลี้ยงเชื้อจากเลือดเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับการตรวจหาเชื้อที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในกระแสเลือด ปัจจุบันมีระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติหลายระบบที่ช่วยในการตรวจหา BSI ได้อย่างรวดเร็ว โดยตรวจสอบขนาดเพาะเลี้ยงเชื้อทุก 8 - 10 นาทีด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ และตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลชีพโดยใช้อัลกอริทึมภายใน การตรวจหา BSI อย่างรวดเร็วเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้อัตราการรักษาดีขึ้นสำหรับผู้ป่วย โดยระยะเวลาที่เครื่องตรวจพบเชื้อ (Time To Positive: TTP) คำนวณจากระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นการเพาะเลี้ยงจนถึงการตรวจจับการเติบโตของแบคทีเรียโดยระบบอัตโนมัติ⁶ ปัจจุบันโรงพยาบาลสมุทรปราการใช้ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BD BACTEC™ FX ซึ่งอาศัยเซ็นเซอร์ตรวจวัดการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แบบฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent CO₂ sensor) ในการตรวจจับการเจริญเติบโตของจุลชีพ และกำลังพิจารณาระบบ AUTOBIO BC60 ซึ่งเป็นระบบใหม่ในการตรวจวัดการเพิ่มขึ้นของ CO₂ โดยใช้เซ็นเซอร์แบบ colorimetric การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยตรงของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 กับ BD BACTEC™ FX ซึ่งใช้เป็นระบบอ้างอิงในการศึกษานี้ ทั้งนี้ในการตรวจหาเชื้อจุลชีพ การประเมินจะมุ่งเน้นที่ตัวชี้วัดหลักสองประการคือ ระยะเวลาที่เครื่องตรวจ

พบเชื้อ (TTP) และอัตราการตรวจพบเชื้อ (Recovery rate; RR)

วิธีการศึกษา(Method)

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา: เชื้อสายพันธุ์มาตรฐาน (Staphylococcus aureus (S. aureus) ATCC 25923 Escherichia coli (E. coli) ATCC 25922 Pseudomonas aeruginosa (P. aeruginosa) ATCC 27853 Candida albicans (C. albicans) ATCC 90028 และ Candida parapsilosis (C. parapsilosis) ATCC 22019 และเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากเลือดของผู้ป่วยที่ติดเชื้อมีในกระแสเลือดที่ส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาคลินิก โรงพยาบาลสมุทรปราการ ในช่วงเดือนพฤษภาคม - กันยายน พ.ศ. 2568 รวมเป็นเชื้อทั้งหมด 38 ชนิด ชนิดละ 2 isolates (ยกเว้นสายพันธุ์มาตรฐานที่ทำสองซ้ำแทน 2 isolates) คิดเป็น 76 isolates แบ่งเป็น เชื้อแบคทีเรีย จำนวน 34 ชนิด คิดเป็น 68 isolates (gram-positive bacteria 14 ชนิด คิดเป็น 28 isolates gram-negative bacteria 20 ชนิด คิดเป็น 40 isolates) และเชื้อยีสต์จำนวน 4 ชนิด คิดเป็น 8 isolates เก็บไว้ใน glycerol broth ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมงานวิจัยเลขที่ HCU-EC1658/2568

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการศึกษา: ทำการ subculture เชื้อที่เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ลงบน blood agar ยกเว้น Haemophilus influenzae (H. influenzae) ที่เพาะเชื้อลงบน chocolate agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการปรับปริมาณเชื้อโดยอ้างอิงวิธีของ Lancaster DP. และคณะ⁷ ทำการปรับความขุ่นเชื้อแบคทีเรียอายุ 18 - 24 ชั่วโมง ให้ได้เท่ากับ 1.0 McFarland standard (3×10^8 CFU/mL) สำหรับเชื้อยีสต์ใช้เชื้ออายุ 24 - 48 ชั่วโมง ปรับความขุ่นให้ได้ 1.0 McFarland standard (3×10^6 CFU/mL) จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ปริมาณเชื้อสุดท้ายเท่ากับ 3×10^2 CFU/mL นำเชื้อที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX และใช้ในการทำ colony count เพื่อตรวจสอบปริมาณของเชื้อที่เติมลงไปทดสอบประสิทธิภาพของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX: การทดสอบขั้นตอนนี้อ้างอิงงานวิจัย Clark RB. และคณะ⁸ โดยเติมเลือดหมูโอ (blood group O) ปริมาณ 10 mL ลงในขวด Hemoculture ของ BD BACTEC™ FX (Ref.442023, BD BACTEC™ FX, Becton, Dickinson and Company) และ AUTOBIO BC60 (Ref.MC0301, AUTOBIO BC60, Auto bio Diagnostics Co., Ltd.) จากนั้นเติมเชื้อที่ปรับปริมาณได้ประมาณ 3×10^2 CFU/mL ลงไปขวดละ 0.1 mL จำนวนเชื้อละ 2 ขวด สำหรับตัวควบคุมผลลบจะเป็นขวดที่ใส่เลือดเพียงอย่างเดียว นำเข้าเครื่องของแต่ละระบบเพาะเชื้อจากเลือด

อัตโนมัติ รอจนเกิดสัญญาณบวก (signal positive) บันทึกเวลาค่า TTP จากนั้นนำขวดที่ให้ signal positive มาทำการย้อมแกรม เพาะเชื้อ และวินิจฉัยเชื้อด้วยวิธี Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS) เพื่อตรวจวินิจฉัยยืนยันชนิดของเชื้อและคำนวณเป็นอัตราการตรวจพบเชื้อ (RR) นำผลการทดสอบที่ได้ไปคำนวณค่าทางสถิติ สำหรับตัวควบคุมผลลบรอบบ่มเชื้อครบ 5 วัน เมื่อไม่เกิด signal positive นำขวดออกมาทำ blind subculture เพื่อยืนยันผลอีกครั้ง

การทำ colony count เป็นการนำเชื้อที่ปรับปริมาณสุดท้าย 0.1 mL แล้วทำการ cross streak บน blood agar จำนวน 2 จาน ยกเว้น H. influenzae ที่ต้องเพาะเชื้อลงบน chocolate agar สำหรับแบคทีเรียบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง ส่วนยีสต์บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง ทำการนับโคโลนีจากทั้ง 2 จาน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยค่าอ้างอิงให้อยู่ในช่วง 5 - 30 โคโลนี⁹

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานค่า TTP ของเชื้อแต่ละชนิดด้วยค่าเฉลี่ย (mean) $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) รวมถึงสถิติเชิงวิเคราะห์ทั้งในการวิเคราะห์ผลของ TTP ด้วยสถิติแบบ parametric (paired-t test) และ nonparametric (Wilcoxon Signed-Rank Test) การเปรียบเทียบ RR ด้วยสถิติ Fisher's exact test โดยกำหนดค่านัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 20.¹⁻²

ผลการศึกษา (Results)

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX ในการตรวจพบเชื้อใช้ค่า TTP เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพได้ชัดเจน โดยค่า TTP ที่น้อยกว่าจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการตรวจพบเชื้อที่รวดเร็ว จากผลการทดสอบของ TTP ในภาพรวมของทั้งแบคทีเรียและเชื้อยีสต์พบว่าระบบ AUTOBIO BC60 มีค่าเฉลี่ย TTP อยู่ที่ 17.41 ± 6.57 ชั่วโมง ในขณะที่ BD BACTEC™ FX อยู่ที่ 17.08 ± 10.44 ชั่วโมงระยะเวลาเฉลี่ยของค่า TTP ระบบ BD BACTEC™ FX ตรวจพบได้เร็วกว่า AUTOBIO BC60 ประมาณ 33 นาที เมื่อมาวิเคราะห์ทางสถิติกลับพบว่าทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.419) หากพิจารณาที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบ BACTEC™ FX พบว่ามีค่าที่กว้างมาก แสดงถึงการกระจายตัวแบบไม่ปกติของข้อมูล ซึ่งถ้านำเอาสถิติแบบ parametric (paired t-test) มาใช้ในการแปลผลอาจทำให้ผลที่ได้อาจไม่ถูกต้อง ทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำการคำนวณสถิติแบบ nonparametric (Wilcoxon Signed-Rank Test) มาช่วยในการแปลผลพบว่าได้ค่า p-value = 0.30 (ตารางที่ 1) ดังนั้นประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

เพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BACTEC™ FX จะมีแนวโน้มตรวจพบเร็วกว่าเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติทั้งแบบ parametric และ nonparametric

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย TTP ของแต่ละกลุ่มเชื้อในระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX

Microorganisms	จำนวน isolates(n/N)*	AUTOBIO BC60 Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD (นาที่))	BD BACTEC™ FX Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD (นาที่))	p-value
Gram-positive bacteria	28/28	15.54 ± 2.51	14.24 ± 2.50	
Gram-negative bacteria	40/40	15.48 ± 4.54	14.30 ± 4.05	
Yeast	8/8	33.11 ± 6.26	38.55 ± 21.51	
Average		17.41 ± 6.57	17.08 ± 10.44	0.419
Wilcoxon Signed-Rank Test				0.30

*n = จำนวน isolates ที่ให้ผล TTP, N = จำนวน isolates ที่นำมาทำการทดสอบ

การวิเคราะห์จำแนกตามชนิดกลุ่มเชื้อแบคทีเรียแบ่งเป็น gram-positive bacteria และ gram-negative bacteria เริ่มจากกลุ่ม gram-positive bacteria (จำนวนเชื้อแต่ละชนิดอยู่ในค่าระหว่าง 5.5 - 27 CFU) ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 มีระยะเวลาของค่า TTP อยู่ระหว่าง 11 - 19 ชั่วโมง ในขณะที่ BD BACTEC™ FX มีระยะเวลาของค่า

TTP อยู่ระหว่าง 10 - 20 ชั่วโมง ระยะเวลาเฉลี่ยค่า TTP ของระบบ BD BACTEC™ FX (14.24 ชั่วโมง) ตรวจพบได้เร็วกว่า AUTOBIO BC60 (15.54 ชั่วโมง) ประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ย TTP ของเชื้อ gram-positive bacteria ระหว่างสองระบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p-value<0.05) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย colony count และ TTP ของ gram-positive bacteria ในระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX

Microorganisms	Average Colony count (CFU)	AUTOBIO BC60 Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))	BD BACTEC™ FX Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))
Staphylococcus aureus ATCC 25923	10.5	18.56 ± 0.14	15.47 ± 0.48
Staphylococcus aureus	18.5	18.16 ± 0.41	14.03 ± 0.11
Staphylococcus epidermidis	5.5	19.19 ± 2.23	18.44 ± 0.25
Staphylococcus hominis	8.0	17.40 ± 1.19	17.11 ± 0.11
Staphylococcus haemolyticus	7.0	17.17 ± 1.37	15.46 ± 0.53
Streptococcus pyogenes	11.5	13.34 ± 0.10	12.17 ± 1.14
Streptococcus agalactiae	19.5	11.14 ± 0.21	10.43 ± 0.06
Streptococcus gallolyticus	16.5	11.35 ± 0.11	10.52 ± 0.39
Streptococcus suis	14.0	13.54 ± 1.26	11.41 ± 0.3
Streptococcus mitis/oralis	12.0	17.30 ± 0.23	14.32 ± 0.06

Microorganisms	Average Colony count (CFU)	AUTOBIO BC60 Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))	BD BACTEC™ FX Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	7.0	15.10 ± 0.57	13.51 ± 0.16
<i>Listeria monocytogenes</i>	27.0	18.40 ± 1.18	20.26 ± 1.03
<i>Enterococcus faecium</i>	7.0	14.46 ± 0.01	13.43 ± 0.16
<i>Enterococcus faecalis</i>	16.0	14.01 ± 0.30	13.06 ± 0.01
Average		15.54	14.24
SD		2.51	2.50
Paired t-test, 95%CI			0.0000784

สำหรับเชื้อ gram-negative bacteria (จำนวนเชื้อแต่ละชนิดอยู่ในค่าระหว่าง 7 - 27.5 CFU) ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 มีระยะเวลาของค่า TTP อยู่ระหว่าง 10 - 27 ชั่วโมง ในขณะที่ BD BACTEC™ FX มีระยะเวลาของค่า TTP อยู่ระหว่าง 10 - 22 ชั่วโมง ระยะเวลาเฉลี่ย TTP ของระบบ BD BACTEC™ FX (14.30 ชั่วโมง) ตรวจพบได้เร็วกว่า AUTOBIO BC60 (15.48 ชั่วโมง) ประมาณ 1 ชั่วโมง 18 นาที เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ย TTP ของเชื้อ gram-negative bacteria ระหว่างสองระบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p-value < 0.05) นอกจากนี้ระบบเพาะเชื้อ

จากเลือดอัตโนมัติ BD BACTEC™ FX เพียงระบบเดียวที่สามารถรายงานสัญญาณ signal positive และแสดงค่า TTP ของเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* (V. parahaemolyticus) ได้ในขณะที่ขวดเพาะเชื้อของระบบ AUTOBIO BC60 ไม่พบ signal positive ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบเพิ่มเติมโดยทำการเพิ่มปริมาณเชื้อเป็น 1.5×10^8 CFU/mL และ 3×10^8 CFU/mL และใส่ลงไป 0.1 mL ซึ่งภายใต้เงื่อนไขที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูงขึ้นนี้ ระบบ AUTOBIO BC60 จึงสามารถตรวจพบ signal positive ได้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย colony count และ TTP ของ gram-negative bacteria ในระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX

Microorganisms	Average Colony count (CFU)	AUTOBIO BC60 Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))	BD BACTEC™ FX Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))
<i>Citrobacter freundii</i> Complex	13.5	14.08 ± 0.01	13.01 ± 0.34
<i>Enterobacter cloacae</i> Complex	18.5	12.44 ± 0.03	12.04 ± 0.31
<i>Escherichia coli</i>	15.5	11.54 ± 0.04	10.55 ± 0.33
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	13.5	11.46 ± 0.07	11.20 ± 0.21
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	11.0	11.35 ± 0.23	11.21 ± 0.38
<i>Morganella morganii</i>	25.0	13.57 ± 0.27	13.14 ± 0.12
<i>Proteus mirabilis</i>	22.5	13.41 ± 0.32	13.04 ± 0.05
<i>Providencia rettgeri</i>	26.5	13.29 ± 0.18	13.07 ± 0.11
<i>Salmonella</i> spp. (Gr.D not Typhi)	18.5	14.22 ± 0.20	12.31 ± 0.23
<i>Serratia marcescens</i>	15.0	13.15 ± 0.40	12.20 ± 0.18
<i>Aeromonas hydrophila</i>	7.0	10.52 ± 0.04	10.16 ± 0.11
<i>Vibrio cholerae</i> (NAG)	17.5	12.30 ± 0.14	10.47 ± 0.15

Microorganisms	Average Colony count (CFU)	AUTOBIO BC60 Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))	BD BACTEC™ FX Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))
Vibrio parahaemolyticus*	7.5	NG*	14.18
0.5 McF	-	20.48	-
1.0 McF	-	23.42	-
Acinetobacter baumannii Complex	5.0	12.26 ± 0.19	12.10 ± 0.12
Burkholderia pseudomallei	7.0	23.05 ± 0.08	22.22 ± 0.06
Burkholderia cepacia Complex	15.0	21.40 ± 0.13	20.26 ± 0.22
Pseudomonas aeruginosa	17.5	17.32 ± 1.16	19.31 ± 2.28
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	8.5	17.48 ± 0.0	18.30 ± 0.21
Stenotrophomonas maltophilia	22.5	23.02 ± 0.57	20.58 ± 2.06
Haemophilus influenzae	27.5	27.32 ± 4.42	20.59 ± 0.21
Average		15.48	14.30
SD		4.54	4.0
Paired t-test, 95%CI		0.0000436	

*NG = No Growth

ในการวิเคราะห์ยีสต์ 8 isolates (จำนวนเชื้ออยู่ในค่าระหว่าง 24 - 26.5 CFU) โดยค่า TTP เฉลี่ยของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BD BACTEC™ FX (38.55 ชั่วโมง) มีค่ามากกว่า AUTOBIO BC60 (33.11 ชั่วโมง) (ตารางที่ 4) ซึ่งบ่งชี้ว่าระบบ BD BACTEC™ FX ตรวจพบเชื้อได้ช้ากว่า เมื่อคิดค่าทางสถิติทั้งแบบ parametric และ nonparametric

พบว่าทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value>0.05) ในกรณีวิเคราะห์เชื้อยีสต์ตามกลุ่มพบว่าระบบ BD BACTEC™ FX ตรวจพบกลุ่ม Candida ได้เร็วกว่าในขณะที่ตรวจพบ Cryptococcus neoformans (C. neoformans) ได้ช้ากว่า AUTOBIO BC60 แสดงด้วยค่าเฉลี่ย TTP ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย colony count และ TTP ของกลุ่มยีสต์ในระบบเพาะเชื้อจากเลือด AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX

Microorganisms	Average Colony count (CFU)	AUTOBIO BC60 Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))	BD BACTEC™ FX Average TTP (ชั่วโมง.นาที่±SD(นาที่))
Candida albicans	26.0	25.07 ± 0.42	23.55 ± 0.23
Candida albicans ATCC 90028	24.0	31.33 ± 1.10	27.35 ± 0.0
Candida parapsilosis ATCC 22019	26.5	34.21 ± 1.46	30.07 ± 0.42
Cryptococcus neoformans	26.0	41.41 ± 0.31	74.05 ± 2.21
Average		33.11	38.55
SD		6.26	21.51
Paired t-test, 95%CI		0.358	
Wilcoxon Signed-Rank Test		0.67	

การประเมินอัตราการตรวจพบเชื้อ (RR) โดยใช้เชื้อทดสอบทั้งหมด 76 isolates มีผลการทดสอบดังนี้ ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BD BACTEC™ FX สามารถตรวจหาเชื้อได้ครบถ้วนทุก isolates คิดเป็นร้อยละ 100 (76/76) เมื่อนำเชื้อทั้งหมดมาตรวจยืนยันด้วยวิธี MALDI-TOF MS ผลการทดสอบมีความสอดคล้องกับเชื้อที่ใช้ทดสอบ คิดเป็นร้อยละ 100 (76/76) ในขณะที่ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 ในการทดสอบที่ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ 5.5 - 27.5 CFU ตรวจพบเชื้อทุก isolates ยกเว้น *V. parahaemolyticus* ไม่แสดง signal positive คิดเป็นอัตราการตรวจพบร้อยละ 97.4 (74/76) เมื่อนำข้อมูลอัตราการตรวจพบเชื้อของทั้งสองระบบมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Fisher's exact test พบว่าไม่มี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value}=0.500$) (ตารางที่ 5) การทดสอบยืนยันเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบว่าระบบเพาะเชื้อจากเลือด AUTOBIO BC60 สามารถเพาะเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้หรือไม่ หรือเป็นผลจากความไวของระบบ (sensitivity) ที่จำกัด ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบซ้ำโดยการเพิ่มปริมาณเชื้อ *V. parahaemolyticus* เป็น 1.5×10^8 CFU/mL และ 3×10^8 CFU/mL พบว่าระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 สามารถตรวจพบ signal positive ได้ทั้งสองปริมาณเชื้อที่เพิ่ม (ตารางที่ 3) และเมื่อนำเชื้อทั้งหมดมาตรวจยืนยันด้วยวิธี MALDI-TOF MS ผลการวิเคราะห์ชนิดเชื้อที่ได้จากขวดเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ สอดคล้องกับเชื้อที่ใช้ทดสอบ คิดเป็นร้อยละ 100 (76/76)

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพในการตรวจพบเชื้อในระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX

	Growth (n/N)*	Yield (%)	Organism causing (false) negative results	p-value
AUTOBIO BC60	74/76	97	<i>V. parahaemolyticus</i>	0.500
BD BACTEC™ FX	76/76	100		

*n = จำนวนเชื้อที่ให้ผล TTP, N = จำนวนเชื้อที่ใช้ในการทดสอบ

อภิปรายผล (Discussion)

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 และ BD BACTEC™ FX ครั้งนี้ใช้เชื้อ จำนวน 76 isolates ซึ่งมากกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้⁹⁻¹² โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การแสดงผลประสิทธิภาพของแต่ละระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติครอบคลุมและชัดเจนต่อเชื้อจุลินทรีย์ในวงกว้างจึงได้เลือกทดสอบครอบคลุมเชื้อที่มีความสำคัญทางคลินิกหลากหลายชนิด จากการเปรียบเทียบค่า TTP โดยภาพรวมในเชิงตัวเลข พบว่าระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 ตรวจพบเชื้อได้ช้ากว่าระบบ BD BACTEC™ FX ประมาณ 33 นาที ค่าที่แสดงทางสถิติพบว่าทั้งสองระบบสามารถตรวจพบเชื้อได้ไวไม่แตกต่างกัน ($p\text{-value} > 0.05$) แต่พิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบ BD BACTEC™ FX มีค่าประมาณ 10 ชม. ซึ่งถือว่ามากกว่าครึ่งของค่าเฉลี่ย คือ 17 ชม. สะท้อนถึง measurement error หรือความแปรปรวนในตัวอย่างที่แสดงถึงการกระจายตัวแบบไม่ปกติซึ่งหากกว้างเกินไปจะทำให้การทดสอบทางสถิติ (เช่น t - test) ขาดอำนาจในการทดสอบ (Low Statistical Power)¹³ เพื่อให้ตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้จึงนำ Wilcoxon Signed-Rank Test มาใช้ในการคำนวณพบว่าได้ค่า $p\text{-value} > 0.05$ สรุปโดยรวมแล้วผลการศึกษานี้ให้เห็นว่าทั้งสองระบบมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันในด้านความรวดเร็วในการตรวจพบเชื้อ

ในบริบทของประสิทธิภาพของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติเมื่อแยกเป็นกลุ่มแบคทีเรีย พบว่าระบบ AUTOBIO

BC60 มีค่าเฉลี่ย TTP ที่ช้ากว่า ระบบ BD BACTEC™ FX อยู่ระหว่าง 1 ชั่วโมง 18 นาที ถึง 1 ชั่วโมง 30 นาที แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งผลวิจัยนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Hardy L. และคณะ⁹ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ 4 ผู้ผลิต ได้แก่ DL-biotech DL-60, Mindray TDR60, Scenker Labstar50 และ AUTOBIO BC60 กับระบบอ้างอิง BacT/Alert 3D (BioMérieux) พบว่าระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 ให้ค่า TTP ที่สั้นที่สุดใน 4 ระบบที่ทำการทดสอบและมีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับเชื้อในเลือดเทียบเคียง BacT/Alert 3D ดังนั้น ระบบ AUTOBIO BC60 มีประสิทธิภาพในการตรวจจับแบคทีเรียได้ดี แต่ในแง่ของกระบวนการทำงานในห้องปฏิบัติการ (laboratory workflow) ความแตกต่างของเวลาในระดับนี้อาจไม่ส่งผลกระทบต่อรอบการรายงานผล (reporting cycle) ภายในวันเดียวกัน ดังนั้น การที่เครื่องตรวจพบเชื้อช้าลงเล็กน้อยจึงอาจไม่ส่งผลให้การรายงานผลในภาพรวมล่าช้าจนข้ามวัน หรือทำให้การปรับยาปฏิชีวนะล่าช้าไปอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับระบบอ้างอิงเดิม^{9,14}

สำหรับเชื้อกลุ่มยีสต์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าแบคทีเรียทั่วไปใช้เวลาในการตรวจพบเขื่อนานทั้งสองระบบผลการวิเคราะห์ภาพรวมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} > 0.05$) แต่พบว่าในเชื้อ *C. neoformans* มีความแปรปรวนสูง (high variance) และมีค่าที่ เบี่ยงเบนออก

ไปมาก (outliers) ซึ่งอาจส่งผลต่อการกระจายตัวของข้อมูลในภาพรวม ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีความชัดเจนและเพิ่มอำนาจทางสถิติ (statistical power) จึงมีความจำเป็นต้องขยายขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size) ในกลุ่มเชื้อดังกล่าวเพิ่มเติมในการศึกษาขึ้นไป การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในเชื้อ *Candida* ที่ระบบ BD BACTEC™ FX ให้ผลค่าเฉลี่ย TTP ได้เร็วกว่า AUTOBIO BC60 1 - 4 ชั่วโมง แต่ในเชื้อ *C. neoformans* พบว่า ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 ตรวจพบได้เร็วกว่า BD BACTEC™ FX ประมาณ 32 ชั่วโมง 24 นาที ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Hardy L. และคณะ⁹ ที่ระบุว่า AUTOBIO BC60 ไม่สามารถตรวจพบเชื้อ *C. neoformans* ได้เลย ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าความแตกต่างนี้อาจมีสาเหตุมาจากชนิดของสายพันธุ์เชื้อที่ใช้ทดสอบ (สายพันธุ์จากผู้ป่วยในงานวิจัยนี้เทียบกับสายพันธุ์มาตรฐานในงานวิจัยของ Hardy L. และคณะ) ซึ่งอาจส่งผลให้เชื้อที่แยกได้จากผู้ป่วยเจริญเติบโตได้ดีกว่าในสภาวะอาหารเพาะเลี้ยงที่มีเลือด สำหรับเชื้อในกลุ่มที่ชอบด่าง (alkaliphiles) เช่น *V. cholerae* ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BD BACTEC™ FX ตรวจพบเชื้อได้เร็วกว่า AUTOBIO BC60 สันนิษฐานว่าเกิดจากปัจจัยเกี่ยวกับส่วนประกอบของสารอาหารที่ต่างกันและค่า pH ที่เหมาะสมกับเชื้อกลุ่ม alkaliphiles ในอาหารเพาะเลี้ยงของ BD BACTEC™ FX⁷

แม้ว่าระบบทั้งสองจะใช้หลักการตรวจหาปริมาณ CO₂ ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่วิธีต่างกัน (AUTOBIO BC60 ใช้การตรวจจับด้วยวิธี colorimetric-detection ส่วน BD BACTEC™ FX ใช้ fluorescence-detection) แต่ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า AUTOBIO BC60 มีค่า TTP ในเชื้อแบคทีเรียมากกว่า BD BACTEC™ FX อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Somily M. และคณะ¹⁰ ที่เปรียบเทียบระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BACTEC™ FX ที่ใช้ fluorescence-detection กับ BacT/Alert Virtuo ที่ใช้ colorimetric-detection แล้วพบว่า BacT/Alert Virtuo ตรวจพบเชื้อได้เร็วกว่า BACTEC™ FX อย่างมีนัยสำคัญ (p-value = 0.025) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างงานวิจัยนี้น่าจะเกิดจากส่วนประกอบและปริมาณของสารอาหารที่ผู้ผลิตแต่ละรายออกแบบมาให้เหมาะสมกับเชื้อจุลินทรีย์ต่างกัน^{9,15} รวมถึงความแตกต่างทางสายพันธุ์ของเชื้อที่ใช้ในการทดสอบ

อัตราการตรวจพบเชื้อ (RR) ที่ปริมาณเชื้อ 5.5 - 27.5 CFU โดยรวมพบว่าระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BD BACTEC™ FX สามารถตรวจพบเชื้อได้ครบ 76 isolates (ร้อยละ 100) ในขณะที่ AUTOBIO BC60 ตรวจพบได้เพียง 74 isolates (ร้อยละ 97.4) โดยเชื้อที่ไม่สามารถให้ signal positive คือ *V. parahaemolyticus* แม้ว่าจะใช้เชื้อในปริมาณ 0.1 - 10 CFU/mL ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าความเป็นจริงในการตรวจหาเชื้อในกระแสเลือดแล้วก็ตาม¹⁰ การที่ *V. parahaemolyticus* ไม่ขึ้น signal positive ในระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ

AUTOBIO BC60 อาจบ่งชี้ว่าระบบดังกล่าวต้องการปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่สูงกว่า เพื่อให้สามารถตรวจพบได้ คณะผู้วิจัยจึงทำการทดสอบซ้ำโดยการเพิ่มปริมาณเชื้อ *V. parahaemolyticus* พบว่าระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 สามารถตรวจพบ signal positive ได้เป็นการยืนยันสมมติฐานดังกล่าว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำสุดที่ตรวจพบได้ (Limit of Detection; LOD) ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ในระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 ต่อไป ผลการทดสอบ RR และการตรวจยืนยันชนิดของเชื้อด้วยวิธี MALDI-TOF MS ของทั้งสองระบบให้ผลการทดสอบเป็นร้อยละ 100 (76/76) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kansak NI. และคณะ ในปี พ.ศ. 2567¹¹ ที่พบว่าระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 ให้ผล RR ที่ร้อยละ 100 (11/11) แม้ว่าประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์เชื้อ *V. parahaemolyticus* ในตัวอย่างเลือดจะมีข้อจำกัด (low sensitivity) แต่ข้อจำกัดนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานทางคลินิกตามปกติ เนื่องจากโดยธรรมชาติของเชื้อชนิดนี้มักก่อโรคในระบบทางเดินอาหารเป็นหลัก และมีอุบัติการณ์การติดเชื้อในกระแสเลือด (septicemia) ที่พบได้น้อยมาก¹⁶ อย่างไรก็ตามในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูง (เช่น โรคตับแข็ง) แพทย์ควรใช้การวินิจฉัยทางคลินิกร่วมด้วย หากมีประวัติสัมผัสอาหารทะเลชัดเจน

บทสรุป (Conclusion)

ระบบ BD BACTEC™ FX มีจุดเด่นที่สำคัญคือความสามารถในการตรวจพบเชื้อ gram-positive bacteria และ gram-negative bacteria ได้รวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่ระบบ AUTOBIO BC60 มีข้อได้เปรียบเฉพาะในการตรวจพบเชื้อ *C. neoformans* ได้เร็วกว่าอย่างชัดเจน สำหรับอัตราการตรวจพบเชื้อโดยรวม ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ BD BACTEC™ FX แสดงประสิทธิภาพในการตรวจพบเชื้อได้สูงกว่า AUTOBIO BC60 ภายใต้ปริมาณเชื้อที่ใกล้เคียง กรณีห้องปฏิบัติการที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยง หรือมีอุบัติการณ์การติดเชื้อกลุ่ม *Vibrio* spp. สูง ควรพิจารณาถึงข้อจำกัดของระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติ AUTOBIO BC60 ในจุดนี้เพื่อให้การเลือกใช้ระบบเพาะเชื้อจากเลือดอัตโนมัติมีความเหมาะสมต่อบริบทของแต่ละพื้นที่มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบพระคุณ ทนพญ.เปรมยุดา เขียวสา นักเทคนิคการแพทย์ปฏิบัติการ งานธนาคารโลหิต ทนพ.ยุทธพงษ์ มีแก้วน้อย นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ และพยาธิวิทยาคลินิก และนายแพทย์เกรียงศักดิ์ คำอิม ผู้อำนวยการโรงพยาบาลสมุทรปราการ ที่ได้ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

- World Health Organization. *Sepsis*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sepsis>. Accessed February 8, 2024
- Rudd KE, Johnson SC, Agesa KM, Shackelford KA, Tsoi D, Kievlan DR, et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990-2017: analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet*. 2020;18;395(10219):200-11. doi:10.1016/S0140-6736(19)32989-7.
- Martin-Loeches I, Guia MC, Vallecoccia MS, Suarez D, Ibarz M, Irazabal M, et al. Risk factors for mortality in elderly and very elderly critically ill patients with sepsis: a prospective, observational, multicenter cohort study. *Ann Intensive Care*. 2019;4;9(1): 26. doi:10.1186/s13613-019-0495-x.
- กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. รายละเอียดตัวชี้วัดกระทรวงสาธารณสุข ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569. <https://health-kpi.moph.go.th/kpi2/kpi/index2/>. Accessed March 19, 2026.
- Kumar NR, Balraj TA, Kempegowda SN, Prashant A. Multidrug - resistant sepsis: A critical healthcare challenge. *Antibiotics (Basel)*. 2024;4;13(1):46.doi: 10.3390/antibiotics13010046.
- Pal N, Sharma R, Rishi S, Vyas L. Optimum time to detection of bacteria and yeast species with BACTEC 9120 culture system from blood and sterile body fluids. *J Lab Physicians*. 2009;1(2):69-72.<https://doi.org/10.4103/0974-2727.59703>.
- Lancaster DP, Friedman DF, Chiotos K, Sullivan KV. Blood volume required for detection of low levels and ultralow levels of organisms responsible for neonatal bacteremia by use of Bactec Peds Plus/F, Plus Aerobic/F medium, and the BD Bactec FX system: an in vitro study. *J Clin Microbiol*. 2015;53(11):3609-13. doi:10.1128/JCM.01076-15.
- Clark RB, Lewinski MA, Loeffelholz MJ, Tibbetts RJ. Cumitech 31A: Verification and validation of procedures in the clinical microbiology laboratory. Coordinating ed., Sharp SE. Washington, DC: ASM Press; 2009.
- Hardy L, Vermoesen T, Genbrugge E, Natale A, Franquesa C, Gleeson B, et al. Affordable blood culture systems from China: In vitro evaluation for use in resource-limited settings. *EBioMedicine*. 2024;101:105004. doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105004.
- Somily AM, Babay HA, Torchyan AA, Sayyed SB, Absar M, Al-Aqeel R, et al. Time to detection of bacteria and yeast with BACTEC FX versus BacT/Alert Virtuo blood culture systems. *Ann Saudi Med*. 2018; 38(3):194-9. doi:10.5144/0256-4947.2018.194.
- Kansak N, Kalender NZ, Arıcı N, Adaleti R, Aksaray S, Ankaral H, et al. Comparison of intra-assay and inter-assay reproducibility and positive detection times of two different (BacT/Alert 3D and Autobio BC) commercial blood culture systems. *Indian J Med Microbiol*. 2025;53:100754.doi:10.1016/j.ijmmb.2024.100754.
- Yarbrough ML, Wallace MA, Burnham CD. Comparison of microorganism detection and time to positivity in pediatric and standard media from three major commercial continuously monitored blood culture systems. *J Clin Microbiol*. 2021;59(7):e00429-21. doi:10.1128/JCM.00429-21.
- Bland JM, Altman DG. Statistic Notes: Measurement error. *BMJ*. 1996;313:744. doi:10.1136/bmj.313.7059.744.
- Dailey PJ, Osborn J, Ashley EA, Baron EJ, Dance DAB, Fusco D, et al. Defining system requirements for simplified blood culture to enable widespread use in resource-limited settings. *Diagnostics (Basel)*. 2019;11;9(1):10. doi:10.3390/diagnostics9010010.
- Jorgensen JH, Mirrett S, McDonald LC, Murray PR, Weinstein MP, Fune J, et al. Controlled clinical laboratory comparison of BACTEC plus aerobic/F resin medium with BacT/Alert aerobic FAN medium for detection of bacteremia and fungemia. *J Clin Microbiol*. 1997;35(1):53-8. doi:10.1128/jcm.35.1.53-58.1997.
- Baker-Austin C, Oliver JD, Alam M, Ali A, Waldor MK, Qadri F, et al. *Vibrio* spp. infections. *Nat*

การอ้างอิง

พัชรี กัมมจารเจษฎากุล, นัจญวรา รอมาลี, วัชรินทร์ รังษิภาณุ
รัตน์, มานพ สุทธิประภา, อาทิตย์ ปิยะชัชวาล. การเปรียบเทียบ
ประสิทธิภาพของระบบเพาะเชื้อจากเลือด AUTOBIO BC60
และ BD BACTEC™ FX ในการตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่าง
เลือดที่เติมเชื้อ. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2569;
8(3): 243 -252. [https://he02.tci-thaijo.org/index.php/
jcra/article/view/279213](https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279213)

Kammarnjassadakul P, Rormalee N, Rangsiapanuratn W,
Suttiprapha M, Piyachatchawal A. Performance
Comparison of AUTOBIO BC60 and BD BACTEC™ FX
Blood Culture Systems for Detecting Microorganisms
in Spiked Blood Samples. *J Chulabhorn Royal Acad*.
2026; 8(3): 243 -252. [https://he02.tci-thaijo.org/index.
php/jcra/article/view/279213](https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279213).

Online Access

[https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/
view/279213](https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279213)

