

การวิเคราะห์เชิงสีเพื่อหาร้อยละโดยปริมาตรของเอทานอลในสเปรย์แอลกอฮอล์ด้วยการเปรียบเทียบแถบสี

Colorimetric determination of ethanol percentage by volume in alcohol spray using the color comparison test

ศักดิ์ชัยบดี ปิ่นศรีทอง¹ บุญยรัตน์ บุญวรรณโณ¹ รุสนี กุลวิจิตร¹ และ สุภาพร ชินผา^{1*}

Sakchaibordee Pinsrithong¹ Boonyarat Boonwanno¹ Roosanee Kulvijitra¹ and Supaporn Chinpha^{1*}

Received: 26 September 2024 ; Revised 9 January 2025 ; Accepted: 14 March 2025

บทคัดย่อ

การหาปริมาณเอทานอลในสเปรย์แอลกอฮอล์จำเป็นต่อการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อโรค แต่วิธีการที่ใช้ต้องใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่มีราคาแพงและต้องทดสอบในห้องปฏิบัติการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีวัดชนิดและปริมาณร้อยละโดยปริมาตรของเอทานอลในสเปรย์แอลกอฮอล์ที่ง่าย ใช้ได้ในภาคสนาม โดยเทียบกับแถบสีมาตรฐานโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ วิธีการศึกษานี้อาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอทานอลกับโพแทสเซียมไดโครเมตในกรดซัลฟิวริก โดยศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา รวมถึงผลรบกวนจากเมทานอลและไอโซโพรพานอล และสร้างแถบสีมาตรฐานจากค่าสี L^* , a^* , b^* ของสารละลายเอทานอล และเปรียบเทียบผลการศึกษากับเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและวัดค่าสีแบบสเปกโตรโฟโตเมตรี ผลการทดลองพบว่าปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิห้องและเวลา 20 นาที แอลกอฮอล์ตามเกณฑ์คุณภาพเอทานอลเกินร้อยละ 70 โดยปริมาตร จะเกิดสารละลายสีเหลือง-เขียวหรือเขียว แต่แอลกอฮอล์ด้อยคุณภาพเกิดสีส้มหรือสีส้ม-เหลือง วิธีการไม่มีผลรบกวนจากเมทานอลแต่มีผลรบกวนจากไอโซโพรพานอล สามารถแยกความเข้มข้นของเอทานอลด้วยตาเปล่าได้ 6 ระดับได้แก่ร้อยละ 50, 60, 70, 80, 90 และ 99.7 โดยปริมาตร ผลค่า b^* แตกต่างกันเกือบทุกความเข้มข้น ($p < 0.05$) และผลการศึกษาที่ได้ให้ผลสอดคล้องกับวิธีมาตรฐาน สรุปผลการศึกษาแสดงวิธีการที่มีต้นทุนต่ำเพียง 3 บาทต่อตัวอย่าง สะดวก รวดเร็ว และเหมาะสำหรับการใช้งานภาคสนาม ทำให้เป็นทางเลือกในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อโรคได้ด้วยตนเอง

คำสำคัญ: เอทานอล, ปฏิกิริยาออกซิเดชัน, สเปรย์แอลกอฮอล์, แถบสีมาตรฐาน

Abstract

Determining the ethanol content in alcohol sprays was essential for evaluating the quality of disinfectant products. However, current methods require expensive scientific instruments and must be conducted in a laboratory. The objective of this research was to develop a simple method for determining the type and percentage by volume of ethanol in alcohol sprays that can be used in the field. The method relies on comparing with a standard color strip without the need for scientific instruments. The study method has utilized the oxidation reaction of ethanol with potassium dichromate in sulfuric acid, examining the optimal temperature and reaction time. Interferences from methanol and isopropanol were also investigated. A standard color strip was created based on the L^* , a^* , and b^* color values of ethanol solutions. The results were compared with gas chromatography and color spectrophotometry. The experimental results revealed that the reaction at room temperature and 20 minutes resulted in a yellow-green or green solution in alcohol that met the quality standards with ethanol concentrations exceeding 70% by volume. In contrast, low-quality alcohol produced an orange or orange-yellow solution. There was no interference from methanol,

¹ สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

¹ Office of Scientific Instrument and Testing, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla Province

* Corresponding author, e-mail: supaporn.chi@psu.ac.th

but interference occurred from isopropanol. Ethanol concentrations could be visually distinguished at six levels 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, and 99.7% by volume. B^* values differed significantly at almost all concentrations ($p < 0.05$). The findings were consistent with standard methods. The study results present a low-cost method, costing only 3 baht per sample. This approach is convenient, fast, and suitable for field applications, making it a viable alternative for self-assessment of disinfectant product quality.

Keywords: Ethanol, oxidation reaction, alcohol spray, color strip

บทนำ

จากบทเรียนการสูญเสียชีวิตจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ เช่น โควิด-19 ในปี 2563 ทำให้ประชาชนมีความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพอนามัยของตนเอง เพื่อหลีกเลี่ยงการติดเชื้อไวรัสมากขึ้น หนึ่งในนั้นคือการทำความสะอาดมือและสิ่งของสัมผัสในชีวิตประจำวันด้วยผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดโดยไม่ใช้น้ำ ทำให้มีการผลิตผลิตภัณฑ์จำพวกสเปรย์แอลกอฮอล์สำหรับฉีดพ่นมือหรือพื้นผิววัสดุสัมผัสออกมาสู่ท้องตลาดเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้สเปรย์แอลกอฮอล์ที่ดีมีประสิทธิภาพจะต้องมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อโรค ต้องมีส่วนผสมของแอลกอฮอล์เพื่อสุขอนามัย โดยต้องมีเอทานอล ไอโซโพรพานอล เพียงสารเดียวหรือผสมรวมกันอยู่มากกว่าร้อยละ 70 โดยปริมาตร (%v/v) (Ministry of Public Health, 2020) แต่ในขณะที่ ณ ปัจจุบัน ปี 2567 ความสนใจในการทดสอบประสิทธิภาพที่ดีทั้งชนิดและปริมาณแอลกอฮอล์ลดลง อาจเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการตรวจชนิดและปริมาณแอลกอฮอล์ในสเปรย์แอลกอฮอล์มีค่าใช้จ่ายสูง และการเสียชีวิตของผู้ป่วยจากโรคโควิดลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ณ ปัจจุบัน ตามรายงานขององค์การอนามัยโลก จำนวนผู้ป่วยในประเทศไทยยังคงสูงขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสและการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันส่วนบุคคลลดลง (World Health Organization, 2024) และยังมีรายงานโรคติดเชื้ออื่น ๆ ที่ระบาดในเมืองไทย เช่น โรคติดเชื้อฝีดาษวานร (Department of Disease Control, Ministry of Public Health, 2024) ซึ่งหากมีการตรวจสอบอย่างง่ายเพื่อสร้างความมั่นใจของการใช้สเปรย์แอลกอฮอล์เพื่อให้ผู้สนใจสามารถทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างง่ายได้ด้วยตนเอง จึงเป็นทางเลือกที่ดีในการกระตุ้นการกลับมาใช้ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ เพื่อการป้องกันส่วนบุคคลและส่วนรวมที่ดีขึ้น

โดยผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อชนิดฉีดพ่นหรือสเปรย์แอลกอฮอล์ เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ได้รับความนิยมมากสุดในการนำมาใช้ฆ่าเชื้อโรค (Thongpakaisang et al., 2023) การทดสอบปริมาณเอทานอลในสเปรย์แอลกอฮอล์จึงมีความสำคัญในการยืนยันว่าผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นเพียงพอ

ที่จะทำให้เชื้อโรคถูกฆ่าทำลายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเอทานอลเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคเมื่อมีความเข้มข้นที่เหมาะสม ดังนั้นการทราบปริมาณเอทานอลว่าอยู่ในเกณฑ์หรือไม่จึงเป็นเรื่องจำเป็น ซึ่งการตรวจสอบหาปริมาณเอทานอลในสเปรย์แอลกอฮอล์สามารถทดสอบได้ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ร่วมกับตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนเซชัน, GC/FID (Vivon & Nakniyom, 2020) หรือเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ร่วมกับตัวตรวจวัดชนิดแมสสเปกโตรมิเตอร์ GC/MS (Nisbar et al., 2023) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้หาค่าได้อย่างแม่นยำ แต่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทดสอบที่ค่อนข้างสูง ใช้เวลาค่อนข้างนานและต้องใช้ผู้มีประสบการณ์ในการทดสอบจึงมีความสนใจศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลด้วยวิธีวัดสี (Colorimetric method) โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์ ที่มีค่าใช้จ่ายน้อยและทดสอบได้รวดเร็ว (Caputi & Wright, 2020) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบหาปริมาณเอทานอลในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของแอลกอฮอล์โดยรีเอเจนต์ที่ใช้คือโพแทสเซียมไดโครเมตในกรดซัลฟิวริก (Pilone, 2020) ซึ่งเป็นวิธีการที่รวดเร็ว และค่าใช้จ่ายต่ำ

โดยขอบเขตงานวิจัยนี้สนใจศึกษาวิธีการทดสอบปริมาณเอทานอลในสเปรย์แอลกอฮอล์ชนิดใส จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์กับโพแทสเซียมไดโครเมตในกรดซัลฟิวริก โดยอาศัยการเกิดสีของปฏิกิริยา และอ่านค่าช่วงปริมาณเอทานอลด้วยตาเปล่า จากการเปรียบเทียบสีที่ปรากฏกับแถบสีมาตรฐานที่ได้จากผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันเอทานอลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วสร้างแถบสีด้วยเครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทำให้สามารถระบุปริมาณเอทานอลในผลิตภัณฑ์ได้อย่างง่าย ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน และสามารถจำแนกช่วงปริมาณเอทานอล ทำให้สะดวก รวดเร็ว ลดต้นทุนและนำไปทดสอบในภาคสนามได้ ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบนี้เป็นส่วนสำคัญของการคุ้มครองสุขภาพของผู้บริโภค และกระตุ้นการใช้ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อโรคในการควบคุมการระบาดของโรคต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพในสังคม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

1. สารมาตรฐาน สารเคมี

เอทานอล (C_2H_5OH , 99.7% v/v, AR Grade) เมทานอล (CH_3OH , 99.9% v/v, AR Grade) และไอโซโพรพานอล (C_3H_8O , 99.8% v/v, AR Grade) ซื้อจาก Lab-Scan, Thailand โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$, AR Grade) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4 , AR Grade) ซื้อจาก Merck, Germany น้ำปราศจากไอออน (18.2 MΩ) ผลิตจากเครื่อง ZENEER รุ่น NAVI UP 900 (Human Corporation, South Korea) ใช้สำหรับการเตรียมสารละลายทุกชนิด การเตรียมสารละลายรีเอเจนต์ (R1) ทำได้โดยการโดยการชั่ง $K_2Cr_2O_7$ ปริมาณ 2 g ละลายในสารละลายเจือจางกรดซัลฟิวริก 5 mol/L ปริมาตร 10 mL (Seo *et al.*, 2009) โดยสารละลายรีเอเจนต์ R1 จัดเก็บในขวดแก้วสีชาปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องและมีอายุการจัดเก็บ 2 เดือน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

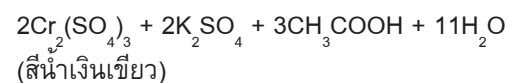
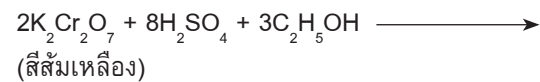
ศึกษาค่าสีเพื่อวัดค่าสีและสร้างแถบสีมาตรฐานด้วยเครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Color Spectrophotometer) รุ่น UltraScan pro (HunterLab, USA) วัดค่าสีระบบสีแบบ International Commission on Illumination (CIE) เลือกใช้การวัดในโหมด TTRAN (Total transmission) โดย L^* คือค่าความสว่าง (Lightness) มีค่า 0-100 $L^* = 0$ สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ และ $L = 100$ สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว a^* ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว a^* บวก (+) วัดที่มีสีแดง และ a^* ลบ (-) วัดที่มีสีเขียว และ b^* ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน b^* บวก (+) วัดที่มีสีเหลือง และ b^* ลบ (-) วัดที่มีสีน้ำเงิน โดยข้อมูลค่าสีที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 4.3.1 (R Core Team, 2023) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

การทดสอบหาปริมาณเอทานอลเพื่อเปรียบเทียบกับการเทียบแถบสี ด้วยเทคนิคเฮดสเปซร่วมกับเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออนเซชัน (HS-GC/FID) รุ่น 6850 (Hewlett Packard, USA) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ได้รับความนิยมในการหาปริมาณเอทานอลในผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อโรค (Thongpakaisang *et al.*, 2023; Tiscione *et al.*, 2011) โดยสภาวะการทดสอบอ้างอิงตามงานวิจัยของ Kaewsuan *et al.* (2023) โดยสภาวะของ HS อุณหภูมิและเวลาสมดุลเท่ากับ 80 °C และ 15 นาที ตามลำดับ สภาวะของ GC/FID ใช้คอลัมน์ HP-Innowax (30 m., เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 mm., ฟิล์มหนา 0.25 μm) อัตราไหล

แก๊สพาหีเลียม 1 mL/min. อุณหภูมิที่ 50 °C นาน 9 min. หัวฉีดและตัวตรวจวัดอุณหภูมิ 150 °C และ 160 °C ตามลำดับ

3. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอทานอลกับสารละลายรีเอเจนต์แสดงการเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



สารละลายรีเอเจนต์จะเปลี่ยนจากสีส้มเหลืองเป็นสีน้ำเงินเขียว เมื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับเอทานอล โดยการศึกษาจะหาสภาวะที่เหมาะสมของ อุณหภูมิ เวลา และ สารรบกวน ของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทุกการศึกษาจะคงที่ค่าปัจจัยที่ไม่ได้ศึกษาและเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ศึกษา เมื่อได้ปัจจัยที่ดีที่สุด จะคงที่ปัจจัยนั้นไว้และเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ศึกษาถัดไป

3.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิ

เตรียมสารละลายเอทานอล 2 ความเข้มข้นร้อยละ 70 และ 99.7 โดยปริมาตร ปริมาตร 20 mL เป็นตัวแทนศึกษา เนื่องจากเป็นช่วงความเข้มข้นของการใช้งานจริง ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ โดยเติม R1 ปริมาตร 0.4 mL ลงในสารละลายเอทานอลแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงสี ทำการศึกษาที่อุณหภูมิห้อง (ไม่มีการให้ความร้อน) และ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ด้วยเทอร์โมรีแอคเตอร์เป็นเวลา 1 นาทีหลังเติมรีเอเจนต์ R1

3.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสม

เตรียมสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 20, 50, 70, 80 และ 99.7 โดยปริมาตร เป็นตัวแทนศึกษา ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ R1 ปริมาตร 0.4 mL อุณหภูมิห้อง แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีหลังเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 1, 5, 10, 15, 20 และ 30 นาที

3.3 การศึกษาผลการรบกวนของเมทานอลและไอโซโพรพานอล

เตรียมสารละลายเมทานอลและไอโซโพรพานอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 20, 50, 70, 80 และ 99.7 โดยปริมาตร ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ R1 จากนั้นสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงสีหลังเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 1, 5, 10, 15, 20 และ 30 นาที เหมือนกับสารละลายเอทานอล

4. การกำหนดแถบสีทดสอบ

เตรียมสารละลายเอทานอล 11 ความเข้มข้น ได้แก่ ความเข้มข้นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 99.7 โดยปริมาตร ปริมาณ 20 mL เติมน้ำเจนนี R1 ปริมาตร 0.4 mL โดยสัดส่วนตัวอย่างต่อ R1 เท่ากับ 50 ต่อ 1 (Science Photo Library, 2024) ซึ่งเป็นสัดส่วนความเข้มข้นที่เพียงพอสำหรับการเกิดปฏิกิริยาเมื่อพิจารณาสมการสมดุล และปริมาตรรวมหลังเกิดปฏิกิริยาก็เพียงพอต่อการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี โดยศึกษาที่อุณหภูมิห้อง และรอเวลาเกิดปฏิกิริยาที่ 20 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าสีทันทีด้วยเครื่องวัดสี จำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 การทดลอง โดยจะทำการทดลองซ้ำด้วยกระบวนการเดียวกันทั้งหมด 10 การทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าสีแบบ L^* , a^* , b^* ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติ พร้อมกับนำค่าสีที่ได้จากการทดลองไปกำหนดเป็นแถบสีทดสอบด้วยวิธี Color Render บนโปรแกรม EasyMatchQC ver. 4.86 ของเครื่องวัดสี เพื่อใช้เทียบค่าปริมาณเอทานอลในตัวอย่างด้วยตาเปล่า

5. การศึกษาเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ

ตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์ที่มี การทดสอบ ณ สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ทดสอบหาปริมาณเอทานอลในตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์ด้วยเทคนิค HS-GC/FID นำมา

ศึกษาทดสอบควบคู่กับวิธีที่ศึกษา และเลือกตัวแทนตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์ จำนวน 3 ระดับความเข้มข้น (S1-S3) ได้แก่ ความเข้มข้นเอทานอล น้อยกว่าร้อยละ 70 มากกว่า 70 และ มากกว่า 80 โดยปริมาตร เป็นตัวแทนศึกษา โดยทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีที่ศึกษา ความเข้มข้นละ 2 ซ้ำ จำนวน การทำซ้ำเท่ากับ 3 ครั้ง โดยแสดงขั้นตอนการใช้งานของวิธีที่ศึกษาดัง Figure 1 โดยนำตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์ 20 mL เติมน้ำเจนนี R1 ปริมาตร 0.4 mL ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าด้วยมือ รอเวลาเกิดปฏิกิริยาที่ 20 นาที เขย่าด้วยมืออีกครั้งก่อนเทียบสีที่เกิดจากปฏิกิริยากับแถบสีมาตรฐาน ด้วยตาเปล่าโดยนักวิทยาศาสตร์จำนวน 2 คน พร้อมกับการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีโดยการเทตัวอย่างที่ผ่านการเทียบสีด้วยตาเปล่าลงในคิวเวทท์ทันที เพื่อเก็บข้อมูลค่าสี L^* , a^* , b^* เพื่อการเปรียบเทียบผลจากค่าสีจากเครื่องวัดสีร่วมด้วย

6. การหาร้อยละโดยปริมาตรเอทานอลในตัวอย่าง

สำหรับการศึกษาหาร้อยละโดยปริมาตรเอทานอลในตัวอย่างได้สุ่มเลือกตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์มาเชื้อ ชนิดสีที่จำหน่ายในประเทศไทยผ่านช่องทางออนไลน์จำนวน 5 ตัวอย่าง (S4 – S8) ศึกษาหาร้อยละโดยปริมาตรเอทานอลด้วยวิธีที่ศึกษาควบคู่กับการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค HS-GC/FID

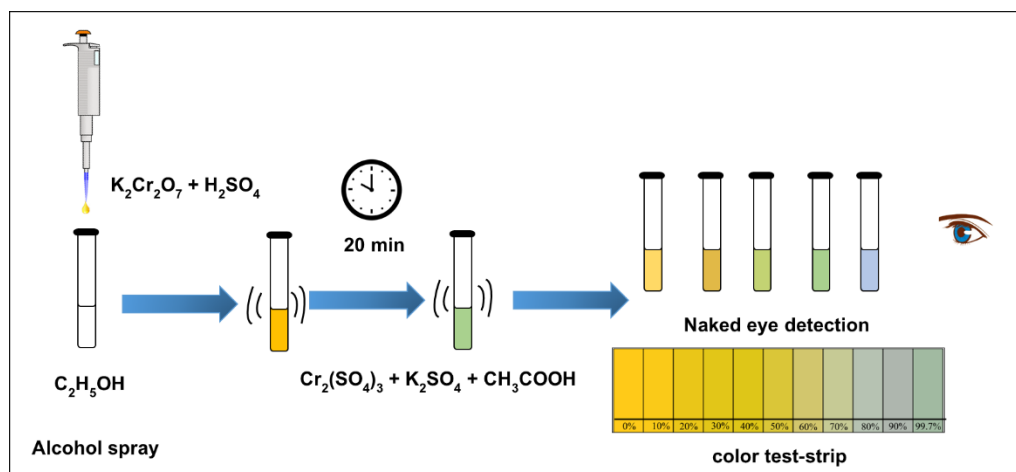


Figure 1 Proposed method for the oxidation reaction of potassium dichromate for the detection of ethanol in alcohol spray

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของอุณหภูมิ เวลา และสารรบกวน ของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แสดงผลที่ได้ดังต่อไปนี้

1.1 ผลของอุณหภูมิ

จากการศึกษา ณ เวลาสังเกตเดียวกัน พบว่า การทำปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยไม่ให้ความร้อน สีของเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร จะปรากฏเป็นสีส้มเหลือง และสีของเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.7 โดยปริมาตร จะปรากฏเป็นสีน้ำเงินเขียว ในขณะที่หลอดที่ให้ความร้อน พบว่าเอทานอลที่เตรียมทั้ง 2 ความเข้มข้น จะปรากฏสีเป็นสีน้ำเงินเหมือนกัน ดัง Figure 2

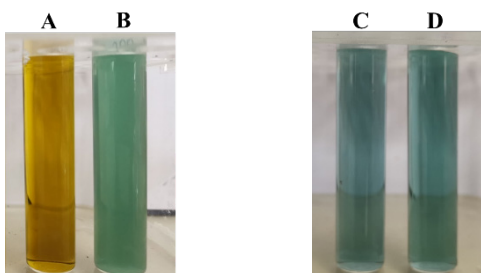


Figure 2 Comparing the effect of temperature on ethanol oxidation reaction through color change (A) 70 %v/v (B) 99.7 %v/v @ room temperature and (C) 70 %v/v (D) 99.7 %v/v @ 50 °C

ผลจากการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้อุณหภูมิร่วมในการเกิดปฏิกิริยา ทำให้การเปลี่ยนสีของโครเมต (VI) สีส้มเหลือง เป็นโครเมต (III) สีน้ำเงินเขียว กับเอทานอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เกิดปฏิกิริยาเร็วเกินไป ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของสีของเอทานอลร้อยละ 70 กับ 99.7 โดยปริมาตร ในขณะที่การไม่ให้ความร้อนแสดงสีที่แตกต่างกัน ชัดเจนสำหรับเอทานอลที่มีความเข้มข้นต่างกัน ดังนั้นการไม่ให้ความร้อนกับหลอดทดลองจึงถูกเลือก ในการศึกษาลำดับถัดไป และสอดคล้องกับการจะนำไปใช้งานจริงในภาคสนามที่สามารถวัดปริมาณเอทานอลได้ง่าย ไม่ต้องพึ่งพาอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า เช่น เทอร์โมรีแอคเตอร์ เป็นต้น

1.2 ผลของเวลาที่เหมาะสม

ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมของการเกิดสีจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอทานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จำแนกได้ดัง Table 1 ซึ่งจากข้อมูลที่แสดง กรณีไม่มี

เอทานอลหรือความเข้มข้นเท่ากับ 0 โดยปริมาตร (E1) และเอทานอลร้อยละ 99.7 โดยปริมาตร (E6) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีสารละลายตลอดระยะเวลาการศึกษา แต่เมื่อพิจารณาเอทานอลช่วงการสังเกตสีที่ความเข้มข้นร้อยละ 20, 50, 70 และ 80 โดยปริมาตร (E2-E5) จะมีการเปลี่ยนแปลงสีตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากตามประกาศจากกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย ปริมาณของแอลกอฮอล์มีผลต่อการยับยั้งเชื้อโรคได้ต้องมีเอทานอลมากกว่าร้อยละ 70 โดยปริมาตร (Ministry of Public Health, 2020) พบว่า การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายเอทานอล ที่เวลา 20 นาที สามารถสังเกตความแตกต่างของสีจากการเกิดปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นดังกล่าวด้วยตาเปล่าได้ชัดเจนที่สุด

1.3 ผลการศึกษารอบการรบกวนของเมทานอลและไอโซโพรพานอล

จากการศึกษาผลของการรบกวนจากเมทานอล เนื่องจากมีรายงานการพบเมทานอลปนเปื้อนปริมาณร้อยละ 1.2-4.5 โดยปริมาตร ในผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ (Chan & Chan, 2018; Nisbar *et al.*, 2023) และยังมีบางรายงานผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อที่ไม่ได้มาตรฐานโดยการใช้เมทานอลเป็นสารเคมีหลักปริมาณมากถึงร้อยละ 58-71 โดยปริมาตร ในผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ (Thongpakaisang *et al.*, 2023) ซึ่งเมทานอลเป็นสารเคมีอันตรายไม่เหมาะกับการใช้กับร่างกาย (Guntner *et al.*, 2021) โดยผลการศึกษาการรบกวนแสดงผลดัง Table 1 เช่นกัน พบว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายเมทานอล ไม่มีการเปลี่ยนสีเกือบทุกความเข้มข้น ยกเว้นเมทานอลบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 โดยปริมาตร ซึ่งจะเริ่มเปลี่ยนสีตั้งแต่ นาทีที่ 1 - 5 จากนั้นจะคงสีเดิมจนถึง 30 นาทีของระยะเวลาที่ศึกษา ทำให้สามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานที่ใช้เมทานอล เช่น กรณีใช้เมทานอลเจือจาง (M2-M5) จะไม่มีการเปลี่ยนสีหลังทำปฏิกิริยาหรือกรณีการใช้เมทานอล บริสุทธิ์ (M6) การเปลี่ยนสีจะเกิดที่เวลา 1 - 5 นาที หลังจากนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งจะแตกต่างจากเอทานอลที่มีการเปลี่ยนแปลงสีอย่างชัดเจนในหลายความเข้มข้น (E2-E5) ตามช่วงเวลาที่ศึกษา (1 - 30 นาที) ทำให้วิธีการที่ศึกษานอกจากไม่มีผลรบกวนของเมทานอลแล้วยังสามารถใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานที่ใช้เมทานอลแทนเอทานอลได้ด้วย

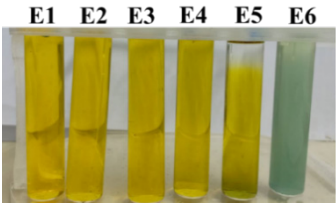
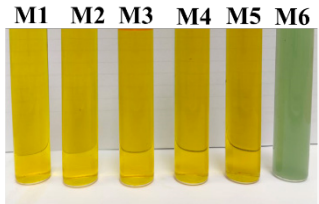
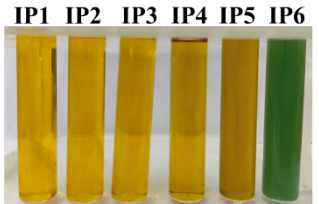
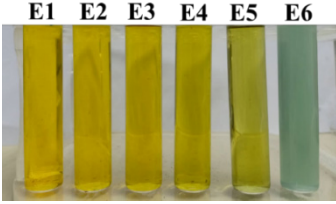
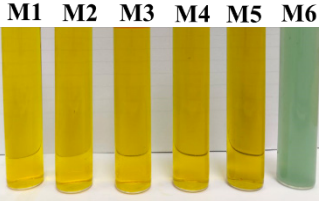
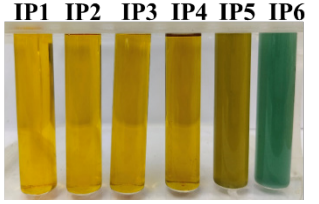
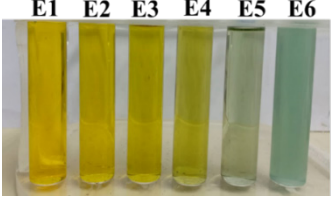
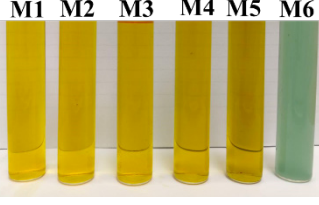
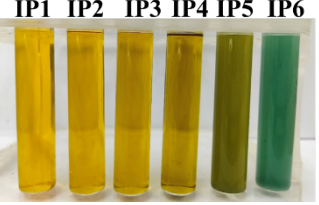
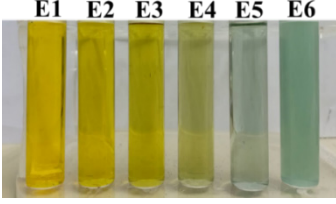
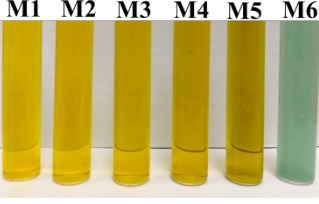
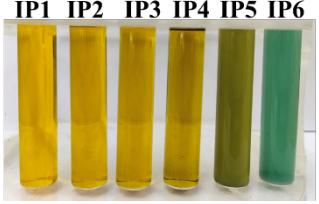
สำหรับไอโซโพรพานอลเป็นแอลกอฮอล์อีกชนิดที่อนุญาตให้มีในผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าที่เวลาเดียวกันสีของการเกิดปฏิกิริยาจะให้เฉดสีที่ต่างกับสีของเอทานอลที่แสดงใน Table 1 (IP2-IP6) คือจะเป็นเฉดโทนสีน้ำตาลที่ความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 70 โดย

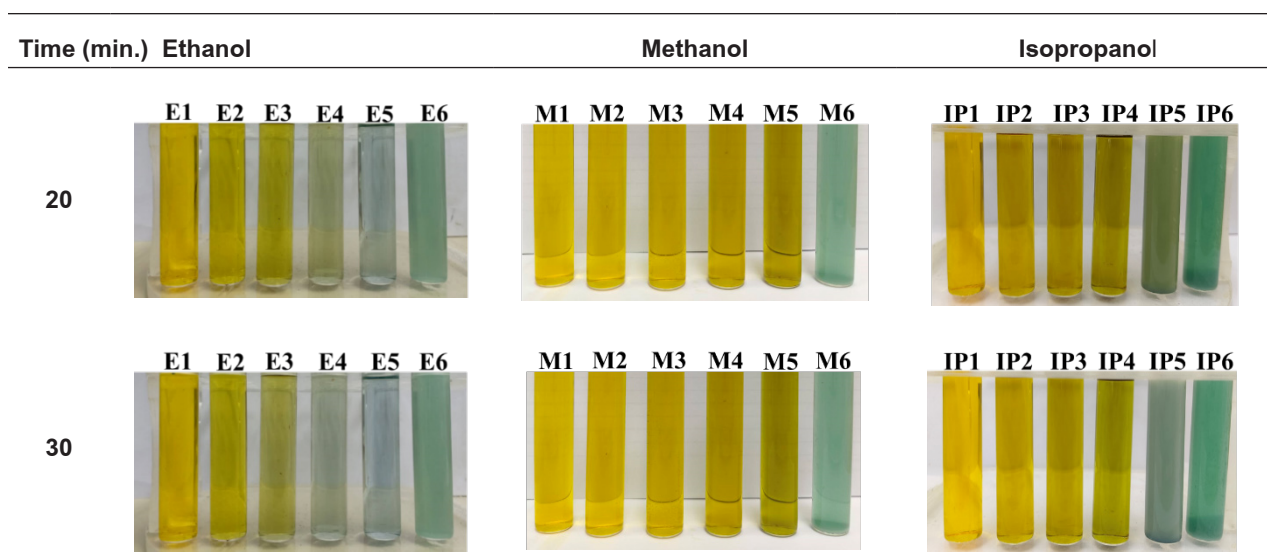
ปริมาณ ความแตกต่างของสีในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไอโซโพรพานอล เอทานอล เมทานอลเกิดจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่เท่ากัน โดยไอโซโพรพานอลเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าเอทานอล และเมทานอลตามลำดับ (Hassan *et al.*, 2011) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์หลังปฏิกิริยาของ ไอโซโพรพานอล (secondary alcohol) ให้หมู่คีโตนที่มีสีเข้มจากค่าการดูดกลืนแสงที่สูงกว่าเอทานอลและเมทานอล (primary alcohols) ที่ให้ผลิตภัณฑ์หลังปฏิกิริยาเป็นหมู่คาร์บอกซิลิกเป็นผลให้สีที่ปรากฏที่เวลาเดียวกันแตกต่างกัน (Chemistry Steps, 2025; Knauer Wissenschaftliche Geräte GmbH, 2024) ทำให้หากผสมร่วมกับเอทานอลที่ความเข้มข้นสูงจะบดบังเจดสีน้ำเงินเขียวของเอทานอล ทำให้วิธีการที่น่าเสนอจะเหมาะสมเฉพาะแอลกอฮอล์ชนิดเอทานอลเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามไอโซโพรพานอลพบการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อค่อนข้างน้อย โดยรายงานวิจัยของ Thongpakaisang *et al.* (2023) จากจำนวนผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์เพื่อสุขอนามัยสุ่มตรวจทั่ว

ประเทศไทย 411 ตัวอย่าง รายงานการใช้แอลกอฮอล์ชนิดไอโซโพรพานอลในผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อเพียง 17 ตัวอย่าง พบการใช้ในลักษณะผสมกับเอทานอล 37 ตัวอย่าง แต่พบการใช้แอลกอฮอล์ชนิดเอทานอลมากถึง 354 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 86.1 ของทั้งหมด ซึ่งอาจเนื่องมาจากไอโซโพรพานอลเป็นสารระคายเคืองทางประสาทสัมผัส (Smeets & Dalton, 2002) และมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เมื่อเทียบกับเอทานอล (American Chemical Society, 2024) จึงไม่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อโรค

ดังนั้นผลการศึกษารวบรวมของวิธีการที่ศึกษา สามารถบอกความแตกต่างเชิงคุณภาพของชนิดแอลกอฮอล์สำหรับตัวอย่างไม่ทราบที่มา (Unknown) ในเบื้องต้นได้เช่นกัน โดยสังเกตที่เวลาเริ่มต้นถึง 20 นาที คือ หากตัวอย่างเป็นสีส้มอมดำประกอบหลักคือเมทานอล เป็นสีเหลืองเขียวองค์ประกอบหลักคือเอทานอล เป็นสีโทนส้ม-น้ำตาลองค์ประกอบหลักคือไอโซโพรพานอล

Table 1 Comparing the effect of time on the oxidation reactions of ethanol, methanol, and isopropanol through color change.

Time (min.)	Ethanol	Methanol	Isopropanol
1			
5			
10			
15			



Note: Ethanol (E1 – E6), Methanol (M1 – M6), and Isopropanol (IP1 – IP6) refer to alcohol solutions with concentrations of 0%, 20%, 50%, 70%, 80%, and 99.7% by volume, respectively.

2. ผลของการกำหนดแถบสี

ผลจากการวัดค่าสีหลังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เวลา 20 นาที ของสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0-99.7 โดยปริมาตร ด้วยเครื่องวัดสีจากค่าเฉลี่ย 10 ชุด การทดลองของแต่ละความเข้มข้น ค่าสีที่ได้แสดงดัง Table 2 ผลจากค่าสี แสดงผลดังนี้ ค่าความสว่างเป็นสีขาว (L^*) แปรผกผันกับความเข้มข้นของเอทานอลที่ความเข้มข้นสูงขึ้น คือ

มีค่าลดลงจาก 86.38 ถึง 69.55 ความต่างจากค่ามากที่สุดลดค่าน้อยสุดคือ 16.83 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี DMRT ค่า L^* ของเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 40, 50, 60 และ 70 โดยปริมาตรไม่ต่างทางสถิติ แต่เมื่อความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 80 โดยปริมาตร เป็นต้นไป ค่า L^* จะแตกต่างทางสถิติทุกความเข้มข้น

Table 2 The average L , a , and b^* color values obtained from the ethanol oxidation method.

Alcohol (%)	L^*	a^*	b^*
0	86.38 ± 0.9^a	9.19 ± 1.81^a	128.77 ± 2.21^a
10	83.24 ± 1.04^b	4.26 ± 2.18^b	117.33 ± 3.52^b
20	81.36 ± 0.99^{bc}	0.20 ± 2.47^c	107.26 ± 5.50^c
30	79.90 ± 1.43^{cd}	-2.42 ± 2.75^d	99.66 ± 7.32^d
40	79.15 ± 1.39^{de}	-4.90 ± 2.69^e	92.77 ± 8.38^e
50	78.18 ± 1.55^{def}	-7.87 ± 2.09^f	83.83 ± 7.55^f
60	77.20 ± 1.97^{ef}	-12.47 ± 1.40^g	67.25 ± 7.89^g
70	77.16 ± 2.01^{ef}	-17.06 ± 0.62^h	41.77 ± 8.63^h
80	76.45 ± 3.79^f	-16.43 ± 1.29^h	9.32 ± 2.37^i
90	74.02 ± 3.31^g	-14.09 ± 1.06^g	3.22 ± 0.74^j
99.7	69.55 ± 3.31^h	-24.59 ± 1.53^i	11.24 ± 1.61^i
%CV (absolute)	2.82	24.58	8.41

Note: The mean value of the experiment conducted in 10 replicates $\pm$ standard deviation.

^{a-i} Different letters in the same column indicate a significant difference among the samples ($p < 0.05$)

ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a^*) ของความเข้มข้นของเอทานอลที่ความเข้มข้นสูง มีการเปลี่ยนโทนสีจากโทนสีแดง a^* เท่ากับ 9.19 ของเอทานอลร้อยละ 0 โดยปริมาตร เป็นโทนสีเขียว a^* เท่ากับ -24.59 สำหรับเอทานอลร้อยละ 99.7 โดยปริมาตร ความต่างเท่ากับ 33.78 ค่าที่ได้ทางสถิติแตกต่างทุกความเข้มข้น ยกเว้นความเข้มข้นร้อยละโดยปริมาตรของ 60 ไม่ต่างกับ 90 เนื่องจากเป็นจุดก่อนและหลังการเกิดสมดุลของการเปลี่ยนโทนสีเขียวตามลำดับ และร้อยละโดยปริมาตรของ 70 ไม่ต่างกับร้อยละโดยปริมาตรของ 80 โดยค่า a^* จะเปลี่ยนโทนสีแปรผันตรงกับความเข้มข้นเอทานอลจนถึงร้อยละ 70 โดยปริมาตร จากนั้นการเปลี่ยนโทนสีเขียวจะลดลงเล็กน้อยสำหรับเอทานอลร้อยละ 80 และ 90 โดยปริมาตร แล้วเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเป็นเอทานอลบริสุทธิ์ (99.7%) โดยค่า a^* ที่ลดลงหลังร้อยละ 70 โดยปริมาตร เนื่องจากเป็นจุดความเข้มข้นที่ค่า b^* ลดลงอย่างมากจาก 41.77 (เอทานอลร้อยละ 70 โดยปริมาตร) เป็น 9.32 (เอทานอลร้อยละ 80 โดยปริมาตร) สอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าที่ศึกษาไว้ของ Sakiroff *et al.* (2022) ที่เมื่อตัวแปรสีได้มีการเปลี่ยนแปลง ก็จะมีผลกับตัวแปรอื่นเช่นกัน ดังนั้นกรณีสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร กับ R1 เป็นจุดสมดุลที่ให้ค่าโทนสีเขียวสูงสุด (ยกเว้นเอทานอลบริสุทธิ์ร้อยละ 99.7) ผลค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (b^*) แสดงค่าโทนสีเหลืองลดลงอย่างเด่นชัดแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้น

สูงขึ้น คือ มีค่าลดลงจาก 128.77 ถึง 3.22 ความต่างจากค่ามากที่สุดลดค่าน้อยสุดคือ 125.55 แสดงความต่างสูงสุดเมื่อเทียบกับ L^* และ a^* และผลทางสถิติแตกต่างกันทุกความเข้มข้น ยกเว้น สารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร ไม่ต่างกับเอทานอลบริสุทธิ์ (99.7%)

จากการเตรียมสารละลายเอทานอล 11 ความเข้มข้นและทำปฏิกิริยาดัง Figure 1 จะได้สีของสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังตัวอย่าง Figure 3A และจากความต่างของค่าสีจากเครื่องวัดสี เมื่อนำมากำหนดแถบสีโดยโปรแกรม แสดงแถบสีที่ได้ดัง Figure 3B จากภาพจะเห็นความแตกต่างกันของสีอย่างชัดเจนของความเข้มข้นร้อยละโดยปริมาตร 50 (ส้ม), 60 (ส้ม-เหลือง), 70 (เหลือง-เขียว), 80 (เขียว), 90 (เขียว-ฟ้า) และ 99.7 (สีน้ำเงินเขียว) อาจเนื่องมาจากค่า b^* (โทนสีเหลือง) มีค่าลดลงอย่างเด่นชัด ทำให้ภาพแถบสีสามารถนำมากำหนดเป็นแถบสีมาตรฐาน เพื่ออ่านค่าปริมาณเอทานอลจากการเทียบเฉดสีด้วยตาเปล่า

ผลจากการศึกษาค่าสี L^* , a^* และ b^* ซึ่งเป็นระบบวัดสีที่ใช้ในการหาค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับการมองเห็นของมนุษย์ เพื่อที่จะนำมากำหนดแถบสีมาตรฐานของเอทานอลความเข้มข้นต่าง ๆ ทำให้ได้ภาพสีสอดคล้องกับการรับรู้สีของมนุษย์ในมุมมองทั้งสายตา ทำให้วิธีการที่ศึกษาสามารถนำไปใช้งานได้จริงในระดับเบื้องต้นในภาคสนาม โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเครื่องมือราคาสูง เช่น เครื่อง GC

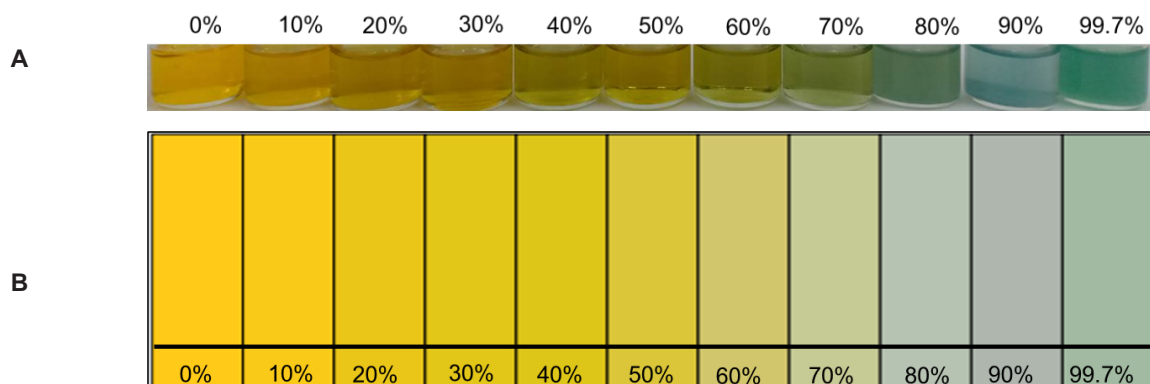


Figure 3 The color of various concentrations of ethanol solutions used for visual examination:

(A) color appearance, and (B) color test-strip

3. ผลเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ

3.1 เปรียบเทียบกับเทคนิค HS-GC/FID

ปริมาณเอทานอลที่อ่านได้ในตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น จากการเทียบสีที่

ปรากฏหลังจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน 20 นาที ด้วยตาเปล่ากับแถบสีมาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบปริมาณเอทานอลด้วยเทคนิค HS-GC/FID แสดงดัง Table 3 ตัวอย่าง S1 ให้สีน้ำเงินเขียวเข้ม เทียบแถบสีเอทานอลได้เป็น > ร้อย

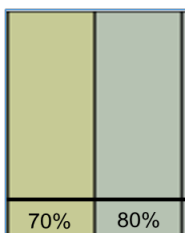
ละ 90 - 99.7 โดยปริมาตร ตัวอย่าง S2 ให้สีเหลือง-เขียว ณ เวลาสังเกต 20 นาที โดยเทียบสีตาเปล่าแถบสีระหว่างเอทานอลร้อยละ ≥ 70 ถึง ≤ 80 โดยปริมาตร ตัวอย่าง S3 แสดงสีส้ม-เหลืองเมื่อเทียบด้วยตาเปล่าเอทานอลร้อยละ < 70 โดยปริมาตร ซึ่งผลที่ได้ พบว่า มีความสอดคล้องกันไปในทางบวกกับเทคนิค HS-GC/FID แสดงถึงการใช้แถบสีมาตรฐานสามารถใช้อ่านค่าช่วงปริมาณเอทานอลในตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์อย่างง่ายในระดับเบื้องต้นได้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือขั้นสูงในห้องปฏิบัติการ

3.2 เปรียบเทียบกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เมื่อวิเคราะห์จากค่าสี L^* , a^* , b^* ที่ได้ของวิธีการที่นำเสนอเพื่อดูผลคู่ขนานกับการวิเคราะห์ผลด้วยตาเปล่า ของตัวอย่างใน Table 3 เทียบกับค่าสีสารละลายเอทานอล Table 2 พบว่าตัวอย่าง S1 ค่า L^* มีค่าใกล้เคียงกับเอทานอลร้อยละ 90 โดยปริมาตร ค่า a^* ใกล้เคียงกับเอทานอลร้อยละ

70 - 99.7 โดยปริมาตร และ ค่า b^* ใกล้เคียงกับเอทานอลร้อยละ 80 - 99.7 โดยปริมาตร ผ่านตามเกณฑ์ควบคุมคุณภาพเอทานอลร้อยละ 70 โดยปริมาตร ทุกค่าสี ตัวอย่าง S2 ค่า L^* ใกล้เคียงกับเอทานอลร้อยละ 40 - 70 โดยปริมาตร ค่า a^* ใกล้เคียงกับเอทานอลร้อยละ 60 หรือ 90 โดยปริมาตร แต่ค่า b^* จะเป็นเพกเตอร์ชี้วัดเด่นชัดคือใกล้เคียงกับเอทานอลร้อยละ 80 โดยปริมาตร ดังนั้นตัวอย่างผ่านตามเกณฑ์ควบคุมคุณภาพ ตัวอย่าง S3 ค่า L^* ใกล้เคียงกับเอทานอลร้อยละ 10 และ 20 โดยปริมาตร ค่า a^* สอดคล้องกับเอทานอลร้อยละ 60 หรือ 90 โดยปริมาตร และ b^* ค่าอยู่ระหว่างเอทานอลร้อยละ 60 - 70 โดยปริมาตร แต่เนื่องจาก b^* หรือโทนสีเหลืองจะลดลงอย่างเด่นชัดเมื่อเอทานอลเกินร้อยละ 70 โดยปริมาตร ($b^* = 41.77$) ดังนั้นตัวอย่าง S3 ที่มีค่า $b^* 52.6$ และ L^* อยู่ในช่วงเอทานอลต่ำ จึงตัดสินเป็นสเปรย์แอลกอฮอล์ไม่ผ่านตามเกณฑ์ควบคุมคุณภาพ

Table 3 Comparison of the proposed method with HS-GC/FID and color values for the determination of ethanol concentrations in spray alcohol samples.

Sample	Proposed method		HS-GC/FID	Color Consistency		
	Color appearance	Color test-strip (%v/v) Visual examination (%v/v)	(%v/v)	L*, a*, b*		
S1			≤ 99.7	98.5	74.4, -19.6, 9.1	+
S2			≥ 70 ถึง ≤ 80	76.3	78.1, -12.5, 7.3	+
S3			≤ 70	64.8	83.4, -14.4, 52.6	+

3.3 เปรียบเทียบด้านการประยุกต์ใช้งาน

ผลเปรียบเทียบการใช้งานด้าน เวลา ราคา และลักษณะการใช้งานดัง Table 4 จะเห็นว่าวิธีการที่นำเสนอ แม้ไม่ได้เป็นวิธีการทดสอบที่เร็วที่สุดเมื่อเทียบกับ Test-kit ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แต่วิธีการที่นำเสนอราคาต้นทุนการทดสอบที่ต่ำกว่า แสดงรายละเอียดชัดเจน ผู้ใช้งานทั่วไปที่มี

พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สามารถทำตามได้ง่าย มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ไม่ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์อย่างเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์หรือเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟที่ต้องใช้ นักวิทยาศาสตร์ที่มีความชำนาญ และวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่มีต้นทุนหรืออัตราการวิเคราะห์ที่สูงกว่า

Table 4 Comparison of the developed method with other reported methods for the determination of ethanol based on 3 replicates.

Method	Detection time	Price (Bath)	Potential used	Ref.
HS-GC/FID	45	3,600	Laboratory	(Kaewsuwan <i>et al.</i> , 2023; Office of Scientific Instrument and Testing, 2024)
Direct -GC/MS	30	-	Laboratory	(Nisbar <i>et al.</i> , 2023)
Direct-GC/FID	54	-	Laboratory	(Thitisaksakul <i>et al.</i> , 2021)
UV-VIS	30	-	Laboratory	(Katewaree & Navakhun, 2017)
Test-kit	5	60	onsite	(Chamni, 2021)
Color test-strip	20	3	onsite	This work

4. ผลร้อยละโดยปริมาตรเอทานอลในตัวอย่าง

ตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์ 5 ตัวอย่าง (Figure 4) เมื่อเทียบกับแถบสีจาก Figure 3 ด้วยตาเปล่าร่วมกับตัวควบคุมของสารละลายเอทานอลที่ทราบค่าร้อยละ 60, 70 และ 80 โดยปริมาตร พบเจตสีเขียวในตัวอย่าง S4, S5 และ S6 พบเจตสีเหลือง-เขียวในตัวอย่าง S7, S8 ซึ่งแสดงถึงปริมาณเอทานอลมากกว่าร้อยละ 70 โดยปริมาตร ทุกตัวอย่างสอดคล้องตามฉลากข้างขวด นอกจากนั้นผลการทดสอบปริมาณเอทานอลด้วยตาเปล่าสอดคล้องกับการทดสอบเทียบกับเทคนิค HS-GC/FID ที่พบปริมาณเอทานอลในตัวอย่าง S4, S5 และ S6 เท่ากับร้อยละ 80.5, 80.2 และ 79.0 โดยปริมาตรตามลำดับ และตัวอย่าง S7 และ S8 ปริมาณเอทานอลร้อยละ 75.2 และ 72.7 โดยปริมาตร ตามลำดับ

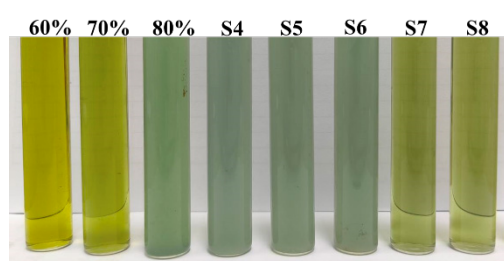


Figure 4 The color appearance of spray alcohol samples used for visual examination

แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ศึกษาสามารถบอกปริมาณเอทานอลที่ผ่านตามเกณฑ์คุณภาพร้อยละ 70 โดยปริมาตร ได้ชัดเจนจากสีเหลือง-เขียวที่ปรากฏ และเมื่อปริมาณเอทานอลมากกว่าร้อยละ 70 โดยปริมาตร วิธีการเทียบแถบสีด้วยตาเปล่าที่นำเสนอ ไม่สามารถบอกความต่างปริมาณร้อยละโดยปริมาตรเอทานอลในระดับหลักหน่วยได้ แต่สามารถบอกความต่างร้อยละเอทานอลในระดับหลักสิบได้ จึงเหมาะสำหรับการใช้วิธีการที่นำเสนอในการตรวจสอบปริมาณเอทานอลในระดับเบื้องต้นเพื่อการบ่งชี้คุณภาพสำหรับการฆ่าเชื้อโรค และหากต้องการทราบชนิดและปริมาณที่แน่นอน จึงส่งไปทดสอบยังห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในการทดสอบต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาวิจัยนี้เสนอวิธีการตรวจสอบชนิดและปริมาณเอทานอลในตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์อย่างง่าย โดยใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีรีเอเจนต์เป็นโพแทสเซียมไดโครเมตในกรดซัลฟิวริกกับเอทานอล เกิดสีที่แตกต่างกันหลังจากเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง การศึกษาแสดงสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาและกำหนดเป็นแถบสีมาตรฐาน จากการสร้างด้วยเครื่องวัดสี เพื่อให้ผู้ใช้สามารถอ่านค่าปริมาณเอทานอลได้ง่ายด้วยตาเปล่า สีส้ม-เหลืองหากเอทานอลน้อยกว่าร้อยละ 70 โดยปริมาตร เหลือง-เขียวเมื่อ

เอทานอลมากกว่าร้อยละ 70 โดยปริมาตร และเกิดสีเขียวเมื่อเอทานอลใกล้เคียงหรือมากกว่าร้อยละ 80 โดยปริมาตร

โดยข้อจำกัดของวิธีการที่นำเสนอคือผลรบกวนจากไอโซโพรพานอล และตัวอย่างควรเป็นชนิดใสไม่มีสี เนื่องจากเป็นวิธีการหาปริมาณเอทานอลอย่างง่ายโดยการเทียบสี ดังนั้นตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบด้วยเทคนิคนี้ควรเป็นชนิดใส และในการใช้งานภาคสนามควรกำหนดสัดส่วนของตัวอย่างและ R1 ไว้ที่ 50 : 1 ทำปฏิกิริยาในภาชนะที่มองเห็นสีได้ง่ายเพื่อให้สามารถเทียบผลของสีที่เกิดขึ้นกับแถบสีมาตรฐานที่สร้างขึ้นได้ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอ มีต้นทุนต่ำ สะดวก และรวดเร็วสำหรับการตรวจสอบชนิดและปริมาณเอทานอล นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ สถานพยาบาล โรงเรียน หรือชุมชน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณเอทานอลในตัวอย่างสเปรย์แอลกอฮอล์เหมาะสำหรับการใช้งานในภาคสนามเพื่อตรวจสอบคุณภาพของสเปรย์แอลกอฮอล์ เป็นทางเลือกในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อความมั่นใจของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณกิตติศักดิ์ ชูมาลี คณะแพทยศาสตร์ สำหรับการตรวจสอบข้อมูลสถิติ รองศาสตราจารย์ อาชีวัน แกสมาน และอาจารย์ นพ.วิระชัย สมัย ผู้อำนวยการสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนบุคลากรสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบได้มีการพัฒนาความรู้ต่อยอดงานประจำสู่งานวิจัย เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านวิชาการจากหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- American Chemical Society. (2024, May 5). *Molecule of the week archive: Isopropyl alcohol*. <https://www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/i/isopropyl-alcohol.html>
- Caputi, A., Jr., & Wright, D. (2020). Collaborative study of the determination of ethanol in wine by chemical oxidation. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 52(1), 85–88. <https://doi.org/10.1093/jaoac/52.1.85>
- Chamni, S. (2021, October 14). *Q-E-S-T 3-in-1 alcohol test kit*. Chulalongkorn University. <https://www.chula.ac.th/highlight/51400>

- Chan, A. P. L., & Chan, T. Y. K. (2018). Methanol as an unlisted ingredient in supposedly alcohol-based hand rub can pose serious health risk. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1–6. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071440>
- Chemistry Steps. (2025, January 3). Alcohol oxidation mechanisms and practice problems. <https://www.chemistrysteps.com/oxidation-of-alcohols/>
- Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2024, September 6). *Raingan sathanakan rok titchue fidak wanon (Mpox)* [Situation report of Monkeypox (Mpox) infection]. <https://ddc.moph.go.th/monkeypox/dashboard.php>
- Guntner, A. T., Magro, L., van den Broek, J., & Pratsinis, S. E. (2021). Detecting methanol in hand sanitizers. *iScience*, 24(2), 102050. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102050>
- Hassan, M., Al-Hakimi, A., & Alahmadi, M. (2011). Kinetics of oxidation of aliphatic alcohols by potassium dichromate in aqueous and micellar media. *South African Journal of Chemistry*, 64, 237–240.
- Kaewsuwan, W., Homutai, S., & Pinsrithong, S. (2023). Analysis of alcohol content in viscous alcohol gel expressed as percent by volume. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, 15(3), 584–600. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/253603>
- Katewaree, Y., & Navakhun, A. (2017). *Determination of ethanol in alcoholic products by the simple colorimetric method* [Unpublished bachelor's thesis]. Burapha University.
- Knauer Wissenschaftliche Geräte GmbH. (2024, December 28). *What is the UV cutoff and why do I need to know it?* <https://www.knauer.net/en/what-is-the-uv-cutoff-and-why-do-i-need-to-know-it/f38660>
- Ministry of Public Health. (2020). *Defines the characteristics of alcohol-based cosmetics for hand hygiene that are prohibited to be produced, imported or sold*. http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/054/T_0006.PDF
- Nisbar, N. D., Jamal Khair, S. K., Bujang, N. B., & Mohd Yusop, A. Y. (2023). Determination of ethanol, iso-

- propyl alcohol and methanol in alcohol-based hand sanitiser to ensure product quality, safety and efficacy. *Scientific Reports*, 13(1), Article 9478. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36283-1>
- Office of Scientific Instrument and Testing. (2024, September 15). *Service rate, Office of Scientific Instrument and Testing, Prince of Songkla University*. <https://osit.psu.ac.th/th/pricerate/>
- Pilone, G. J. (2020). Determination of ethanol in wine by titrimetric and spectrophotometric dichromate methods: Collaborative study. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 68(2), 188–190. <https://doi.org/10.1093/jaoac/68.2.188>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Sakiroff, L. M., Chennell, P., Yessaad, M., Pereira, B., Bouattour, Y., & Sautou, V. (2022). Evaluation of color changes during stability studies using spectrophotometric chromaticity measurements versus visual examination. *Scientific Reports*, 12(1), Article 8959. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13025-3>
- Science Photo Library. (2024, December 27). *Isopropanol oxidation*. <https://www.sciencephoto.com/media/859758/view/isopropanol-oxidation>
- Seo, H. B., Kim, H. J., Lee, O. K., Ha, J. H., Lee, H. Y., & Jung, K. H. (2009). Measurement of ethanol concentration using solvent extraction and dichromate oxidation and its application to bioethanol production process. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 36(2), 285–292. <https://doi.org/10.1007/s10295-008-0497-4>
- Smeets, M., & Dalton, P. (2002). Perceived odor and irritation of isopropanol: A comparison between naive controls and occupationally exposed workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75(8), 541–548. <https://doi.org/10.1007/s00420-002-0364-y>
- Thitisaksakul, N., Paengma, S., Parasindecha, I., Muenhong, P., Jarungsirawat, R., Daodee, S., & Tessiri, T. (2021). Analysis of alcohol content in alcohol-based hand sanitizer product from Khon Kaen Province. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(3), 59–73. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/IJPS/article/view/248294>
- Thongpakaisang, S., Laohapiyakul, S., & Nopparat, A. (2023). Quality of alcohol-based hand sanitizer sold in Thailand 2021. *Thai Food and Drug Journal*, 30(1), 66–79. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/fdajournal/article/view/262465>
- Tiscione, N. B., Alford, I., Yeatman, D. T., & Shan, X. (2011). Ethanol analysis by headspace gas chromatography with simultaneous flame-ionization and mass spectrometry detection. *Journal of Analytical Toxicology*, 35(7), 501–511. <https://doi.org/10.1093/anatox/35.7.501>
- Vivon, M., & Nakniyom, W. (2020). Method validation of alcohol contents in alcohol-based hand sanitizer products using gas chromatography. *Bulletin of the Department of Medical Sciences*, 62(3), 268–280. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/dmsc/article/view/245951/167166>
- World Health Organization. (2024, May 2). *Sathanakan rok titchueไวรัสโคโรนา 2019 nai prathet Thai* [Situation of COVID-19 in Thailand]. <https://www.who.int/thailand/th/news/detail/02-05-2567-update-on-covid-19-in-thailand--02-may-2024>