

การประเมินชุดทดสอบที่เตรียมเองสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ ออกซิเจนที่ละลายน้ำนอกห้องปฏิบัติการ

โชคชัย เหลืองฐวราณี¹ และ นัยนา ศรีชัย²

Abstract

Luangthuvapranit, C.¹ and Srichai, N.²

Evaluation of self-prepared test kit for outdoor dissolved oxygen determination
Songklanakarin J. Sci. Technol., 2007, 29(1) : 101-108

A self-prepared test kit for outdoor dissolved oxygen determination was prepared and evaluated against the azide modification Winkler method. Three hundred and five water samples with 3 replicates were taken from ditches at Prince of Songkla University, Pattani campus. The result showed that the 2 methods had good correlation ($r = 0.999$, $p < 0.00$) with linear regression $Y = 0.9992X + 0.0111$ ($p < 0.00$). When paired t-test was performed, there was no statistically significant difference at $p > 0.05$. Thus, the compact self-prepared test kit, based on azide modification Winkler method, was suitable for quick outdoor determination of dissolved oxygen and cost only one-eighth of the cost of the azide modification method.

Key words : evaluation, self-prepared test kit, dissolved oxygen determination, azide modification winkler method.

¹Department of Technology and Industries, ²Department of Science, Faculty of Science and Technology Prince of Songkla University, Muang, Pattani, 94000 Thailand.

¹ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แผนกวิชาเทคโนโลยีการประมง ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม

² Ph.D. (Science Education) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แผนกวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

Corresponding e-mail: snaiyana@bunga.pn.psu.ac.th , chokchai@bunga.pn.psu.ac.th

รับต้นฉบับ 19 กุมภาพันธ์ 2549 รับลงพิมพ์ 5 มิถุนายน 2549

บทคัดย่อ

โชคชัย เหลืองรุปรานิต และ นัยนา ศรีชัย

การประเมินชุดทดสอบที่เตรียมเองสำหรับวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจน
ที่ละลายน้ำนอกห้องปฏิบัติการ

ว. สงขลานครินทร์ วทท.2549 29 (1) : 101-108

ทำการประเมินชุดทดสอบที่เตรียมเองสำหรับวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนภายนอกห้องปฏิบัติการ โดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์จากตัวอย่างน้ำทั้งหมด 305 ตัวอย่าง ทุละ 3 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่วิเคราะห์ได้จากวิธีการทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันดี ($r = 0.999$, $p < 0.00$) โดยมีความสัมพันธ์แบบสมการถดถอยเชิงเส้น $Y = 0.9992X + 0.0111$ ($p < 0.00$) และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีการทั้งสอง ด้วยวิธีการทดสอบ paired t-test พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยชุดทดสอบที่เตรียมเองนี้ใช้หลักการของวิธีดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ แต่ดัดแปลงให้มีขนาดเล็ก กะทัดรัด และเหมาะสมกับงานวิเคราะห์นอกห้องปฏิบัติการ ที่ต้องการทราบผลโดยเบื้องต้นได้ ทั้งยังมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธีดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ถึง 8 เท่า

ออกซิเจน เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้มากรองลงมา จากก๊าซไนโตรเจน แต่่ามีความสำคัญมากที่สุดต่อสิ่งมีชีวิต ออกซิเจนมีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ และการเจริญเติบโต ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำนั้น ได้มาจากการละลายของออกซิเจนในบรรยากาศ ที่สัมผัสบริเวณผิวน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และความเค็มของน้ำ นอกจากนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ อาจเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ เนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมี ในแหล่งน้ำ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจ และกระบวนการย่อยสลาย ของสิ่งมีชีวิตจำพวก พืช สัตว์และจุลินทรีย์อีกด้วย (Boyd, 1996; Boyd, 1982; ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528)

วิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ในปัจจุบันนิยมใช้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการไทเทรตชัน และวิธีการใช้เครื่องมือวัดออกซิเจน สำหรับวิธีการไทเทรตชันนั้น ปัจจุบันนิยมใช้วิธีการดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ (azide modification winkler method) ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดความผิดพลาดจากการวิเคราะห์ โดยกำจัดไอออนชนิดที่รบกวนการเกิดปฏิกิริยาในการวิเคราะห์ อันเนื่องมาจากสารประกอบบางอย่าง เช่น ไนไตรต์ เพอริกไอออน และซัลไฟด์ เป็นต้น ทำให้สามารถตรวจวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ในสภาพน้ำที่แตกต่างกันได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

(APHA, 1992; มั่นสิน, 2538; ธงชัย และ อุษา, 2535; สิริ, 2528 และ Swingle, 1969)

อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดของการใช้อุปกรณ์และเครื่องแก้ว ซึ่งยังไม่เหมาะที่จะใช้ภายนอกห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการศึกษาในภาคสนาม หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำได้แล้ว ส่วนใหญ่จึงยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้โดยทันที จำเป็นที่จะต้องตั้งปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำก่อนแล้วจึงนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป นอกจากนี้การวิเคราะห์ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายสารเคมีต่อตัวอย่างสูงอีกด้วย จากข้อจำกัดของการใช้เครื่องแก้วและค่าใช้จ่ายตามที่ได้กล่าวมา จึงได้มีความพยายาม ที่จะพัฒนาชุดทดสอบที่เตรียมเองโดยยังคงหลักการเดิมของวิธีดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์แต่ดัดแปลงอุปกรณ์และวิธีการตรวจวิเคราะห์ขั้นใหม่ให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ในภาคสนาม ซึ่งมีขนาดของอุปกรณ์กะทัดรัด หาได้ง่าย เสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่สามารถวิเคราะห์ผลได้ใกล้เคียงกัน และสามารถนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ที่ต้องทราบผลโดยเบื้องต้นได้ เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติ โรงเพาะพัก นาเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำต่างๆ เป็นต้น

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะประเมินประสิทธิภาพของชุดทดสอบที่เตรียมขึ้นเองกับวิธีดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ เพื่อลดต้นทุนในการทดสอบ และพัฒนาชุดทดสอบที่สามารถวิเคราะห์ผลภายนอกห้อง

ปฏิบัติการได้โดยเบื้องต้น

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

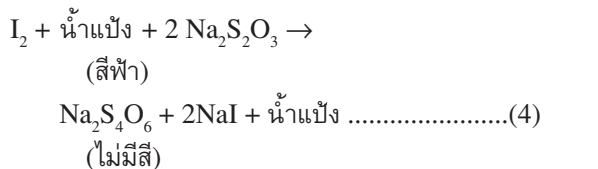
1. การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ด้วยวิธีดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ สารเคมีวิธีเตรียมสารเคมี และวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการของ APHA (1992)

2. ชุดทดสอบที่เตรียมขึ้นเองสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

2.1 หลักการวิเคราะห์

ชุดทดสอบนี้ ยังคงใช้หลักการวิเคราะห์ของวิธีดัดแปลงของวงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ แต่ดัดแปลงวิธีการตรวจวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ในภาคสนาม โดยลดขนาดและปริมาตรของอุปกรณ์ (Figure 1 และ 2) ให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด แต่ยังคงมีความละเอียดแม่นยำสูง ได้แก่ การเลือกใช้กระบอกฉีดยาขนาด 5 มล. สำหรับการตวงและการเลือกใช้กระบอกฉีดยาพร้อมเข็มขนาด 1 มล. ที่มีสเกลละเอียด 0.01 มล. สำหรับการไทเทรต นอกจากนี้ยังควบคุมข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการวิเคราะห์ โดยใช้ผู้วิเคราะห์เพียงคนเดียวตลอดการศึกษา และมีสมการทางเคมีที่เกี่ยวข้องดังนี้



เมื่อตัวอย่างน้ำถูกเติมด้วยแมงกานีสซัลเฟตโซเดียม ไอโอไดต์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ แมงกานีสไอออนจะถูกออกซิไดซ์โดยโมเลกุลของออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำ ภายใต้สภาวะต่าง เกิดเป็นตะกอนสีน้ำตาลของ แมงกานีสไดออก-

ไซด์ (1) จะเห็นได้ว่าแมงกานีสไดออกไซด์ 1 โมเลกุล ได้มาจากโมเลกุลของออกซิเจนเพียงครึ่งเดียว ถ้าในน้ำไม่มีออกซิเจนแมงกานีสไอออนจะเกิดเป็นตะกอนสีขาวของแมงกานีสไฮดรอกไซด์ (2) ต่อมา เมื่อละลายตะกอนด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในสภาพที่เป็นกรด แมงกานีสไดออกไซด์จะออกซิไดส์ไอโอไดต์ให้เป็นไอโอดีน (3) ซึ่งสมมูลกับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเมื่อเริ่มต้น ในการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจึงวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (Na₂S₂O₃) มีจุดยุติ (end point) ที่สามารถสังเกตได้ด้วยสายตา โดยการใช้สีน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ (4) เมื่อ



Figure 1. Materials for the self-prepared test kit for outdoor dissolved oxygen determination.



Figure 2. Reagent bottles for the self-prepared test kit for outdoor dissolved oxygen determination.

ไอโอดีนโมเลกุล (I_2) ถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นไอโอดด์ (I^-) ทั้งหมด สารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสีจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ออกซิเจน 1 โมลจะเกิดปฏิกิริยาได้ ไอโอดีน 2 โมล ดังนั้นออกซิเจน 1 โมล จึงสามารถประมาณได้จากโซเดียมไทโอซัลเฟต 4 โมล ซึ่งสามารถสรุปสูตรการคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ดังนี้ (Boyd, 1981 และ Sawyer, 1978)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มล./ลิตร)

$$= \text{มล.} \frac{Na_2S_2O_3 \times \text{ความเข้มข้นของ } Na_2S_2O_3 \times 8 \times 1000}{\text{มล. ของน้ำตัวอย่าง}}$$

สำหรับชุดทดสอบนี้ กำหนดให้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตมีความเข้มข้น 0.00625 M และลดปริมาตรของน้ำตัวอย่างลงเหลือ 5 มล. ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มล./ลิตร) จึงเท่ากับ มล.ของโซเดียมไทโอซัลเฟต X 10

2.2 สารเคมีและวิธีเตรียม

1) รีเอเจนต์ 1 : สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ละลายแมงกานีสซัลเฟต โมโนไฮดรต ($MnSO_4 \cdot H_2O$ (AR grade) ของ Univar) 36.4 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้ได้ปริมาตร 100 มล.

2) รีเอเจนต์ 2 : อัลคาลิไอโอดด์แอไซด์ (alkali-iodide-azide หรือ AIA) ละลายโซเดียมแอไซด์ (NaN_3 (AR grade) ของ Riedel-de Haen) 1 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มล. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$ (AR grade) ของ Eka pellet) 48 กรัม และโซเดียมไอโอดด์ (NaI (AR grade) ของ Unilab) 75 กรัม คนให้ละลายแล้วเจือจางให้ได้ปริมาตร 100 มล.

3) รีเอเจนต์ 3 : กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4 (AR grade) ของ Merck)

4) รีเอเจนต์ 4 : น้ำแป้ง 0.2% ละลายแป้ง (soluble starch (AR grade) ของ Riedel-de Haen) 2 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตรเล็กน้อย แล้วเทลงในน้ำร้อนปริมาตร 100 มล. เติมเมอร์คิวรีไอโอดด์ (HgI_2 (AR grade) ของ Fluka) 1 มิลลิกรัม (เพื่อกันเสีย) ต้มจนได้สารละลายใส (หรือใช้ 0.2% salicylic acid ที่ละลายได้ตามธรรมชาติ เป็นสารกันเสีย แทน HgI_2)

5) รีเอเจนต์ 5 : สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.00625 M ละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเพนทไฮดรต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ (AR grade) ของ Riedel-de Haen) 6.205 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัม แล้วเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร สารละลายนี้จะต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$ (AR grade) ของ Riedel-de Haen) ความเข้มข้น 0.025 M เมื่อทราบความเข้มข้นแล้ว ให้ปรับค่าความเข้มข้นใหม่ให้เท่ากับ 0.00625 M โดยใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

2.3 อุปกรณ์

ประกอบด้วยขวดแก้วพร้อมจุกสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำและใช้เป็นขวดวิเคราะห์ขนาด 65 มล. จำนวน 1 ใบ ขวดแก้วใสขนาดเล็ก (vial) ขนาด 20 มล. จำนวน 1 ใบ กระจกบดชนิดยาขนาด 5 มล. สำหรับการตวงจำนวน 1 กระจกบดกระจกบดจืดพร้อมเข็มขนาด 1 มล. สเกลละเอียด 0.01 มล. (กระจกบดสำหรับฉีดอินซูลิน) ใช้สำหรับการไทเทรต จำนวน 1 กระจกบด (Figure 1) ขวดหยดทึบแสงสำหรับเก็บรีเอเจนต์ 1-4 ขนาด 15 มล. จำนวน 4 ใบ และขวดทึบแสงสำหรับเก็บรีเอเจนต์ 5 ขนาด 50 มล. จำนวน 1 ใบ (Figure 2) สำหรับขวดหยดทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาจากการทดลองหยดรีเอเจนต์และตวงครั้งละ 10 หยด จำนวน 100 ครั้ง พบว่า ขนาดปริมาตรโดยเฉลี่ยของแต่ละหยดมีขนาดปริมาตรเท่ากับ 0.054 ± 0.001 มล. (N=100)

2.4 วิธีการวิเคราะห์

1) ล้างขวดวิเคราะห์ (ขนาด 65 มล.) ด้วยน้ำตัวอย่างที่ต้องการจะเก็บ 2-3 ครั้งก่อน ถ้าเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณผิวน้ำอาจใช้ขวดวิเคราะห์ค่อยๆ ปล่อยให้ น้ำไหลเข้าข้างจนล้นขวด พยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศ เสร็จแล้วปิดจุกขวดแล้วนำไปทดสอบทันที หากใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ (water sampler) การถ่ายน้ำตัวอย่างจากขวดเก็บตัวอย่างน้ำลงในขวดวิเคราะห์ ให้ใช้สายยางที่ต่อจากขวดเก็บตัวอย่างน้ำจุ่มลงจนถึงก้นขวดวิเคราะห์ เพื่อป้องกันออกซิเจนที่อยู่ในอากาศลงไปเจือปนกับตัวอย่างน้ำ การถ่ายน้ำควรถ่ายน้ำเพื่อล้างขวดวิเคราะห์ด้วยน้ำตัวอย่างก่อน แล้วปล่อยให้ตัวอย่างน้ำให้ล้นขวดวิเคราะห์ประมาณสองหรือ

สามเท่าของปริมาตรขวดวิเคราะห์ ควบคุมก็อกน้ำจากขวด เก็บตัวอย่างอย่าให้น้ำไหลเข้าไปในขวดด้วยความเร็วสูงเกินไปจนเกิดฟองอากาศ ปิดจุกขวดด้วยความระมัดระวังและควรบันทึกอุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำตัวอย่างด้วย

2) ใช้ขวดหยดๆ รีเอเจนต์ 1 ($MnSO_4$) จำนวน 4 หยด และรีเอเจนต์ 2 (AIA) จำนวน 12 หยด ลงในขวดวิเคราะห์น้ำตัวอย่างปิดด้วยจุกแก้วระวังอย่าให้มีฟองอากาศ และเขย่าขวดด้วยวิธีใช้มือจับขวด ปิดจุกขวดด้วยนิ้วชี้ หมุนเอียงให้ขวดคว่ำขึ้นลงหลายๆ ครั้ง เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-2 นาที ตะกอนจะตกลงก้นขวด

3) หยดรีเอเจนต์ 3 (กรด H_2SO_4) จำนวน 8 - 12 หยด ปิดจุก และเขย่าขวดด้วยวิธีเดิมอีกครั้งหรือจนกว่าตะกอนจะละลายหมดไป ได้สารละลายสีที่ต้องการทดสอบ

4) ล้างกระบอกฉีดยาขนาด 5 มล. และขวดแก้วใสขนาดเล็ก ด้วยสารละลายที่ต้องการทดสอบเสร็จแล้วใช้กระบอกฉีดยาตวงสารละลายที่ต้องการทดสอบ 5 มล. ลงในขวดแก้วใสขนาดเล็กนั้น (ปริมาตร 5 มล. สัมพันธ์กับความเข้มข้นของรีเอเจนต์ 5 และการอ่านค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ในข้อ 8)

5) หยดรีเอเจนต์ 4 (น้ำแป้ง) จำนวน 1 หยด ลงในขวดแก้วใส เขย่าเล็กน้อย สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงหรือสีน้ำเงินทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ

6) ใช้กระบอกฉีดยาขนาด 1 มล. ค่อยๆ หยดรีเอเจนต์ 5 ($Na_2S_2O_3$) ให้เต็มถึงขีด 1 มล. โดยให้ขอบล่างของยางอยู่ตรงขีด 1 หรือใช้วิธีดูดอากาศเข้ามาเล็กน้อยก่อนดูดรีเอเจนต์ ช่องว่างจะช่วยทำให้อ่านค่าได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

7) การไทเทรตชัน ใช้วิธีค่อยๆ กดรบกระบอกฉีดยาให้รีเอเจนต์หยดด้วยมือข้างหนึ่ง ในขณะที่มืออีกข้างเขย่าสารละลายที่อยู่ในขวดแก้วใสอย่างต่อเนื่อง สังเกตสีของสารละลาย หยดรีเอเจนต์จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนสี จากสีม่วงหรือสีน้ำเงินเป็นไม่มีสีหรือใส จึงจะถือว่าเป็นจุดยุติ

8) อ่านค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากสเกลของกระบอกฉีดยาที่รีเอเจนต์ 5 ถูกใช้ไป โดย 0.1 มล. จะเท่ากับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 1.0 มก./ลิตร

3. ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ศึกษาโดยการเปรียบเทียบระหว่างชุดทดสอบที่เตรียมขึ้นเองกับวิธีดัดแปลงของริงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ จาก

ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้จากแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้แก่ คลองสหสวรรค์ (50 ครั้ง) คลองหลังสโมสรอาจารย์และข้าราชการ (48 ครั้ง) คลองข้างโรงอาหารลานเล (30 ครั้ง) คลองหน้าวิทยาลัยอิสลามศึกษา (30 ครั้ง) คลองหน้าหอศิลปวัฒนธรรมภาคใต้ (29 ครั้ง) และบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ หน้าอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีการประมง (49 ครั้ง) และแหล่งย่อยอื่นๆ (1-6 ครั้ง) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำในรอบ 24 ชั่วโมง จำนวน 305 ตัวอย่าง ละ 3 ซ้ำ (รวม 305 ตัวอย่าง x 2 วิธี x 3 ซ้ำ = 1,830 ตัวอย่าง) จำนวนตัวอย่างที่ไม่เท่ากันในแต่ละจุดศึกษา เป็นผลจากจำนวนผู้ประเมินชุดทดสอบและเวลาในการศึกษา เนื่องจากใช้ผู้ประเมินเพียง 1 คน เพื่อควบคุมข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากผู้ทดลอง (personal error) ตลอดจนสนใจเวลากลางคืน ที่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าต่ำ มากกว่าเวลากลางวัน

4. การศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ระหว่างชุดทดสอบที่เตรียมขึ้นเองกับวิธีดัดแปลงของริงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ จากน้ำตัวอย่างจำนวน 305 ตัวอย่างนั้น ใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ในแต่ละคู่ใช้วิธีการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสองประชากรแบบจับคู่ (paired t-test) ตามวิธีการที่ จรรย์ (2534) เรียบเรียงไว้

ผลการทดลอง

การประเมินชุดทดสอบที่เตรียมเองโดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในห้องปฏิบัติการ ระหว่างชุดทดสอบกับวิธีดัดแปลงของริงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ จากน้ำตัวอย่าง จำนวน 305 ตัวอย่าง ละ 3 ซ้ำ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ในรอบ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ ความเค็ม และค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกันนั้นปริมาณออกซิเจนที่วิเคราะห์ได้จากทั้งสองวิธี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 1 และ 2)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่วิเคราะห์ได้ส่วนใหญ่

Table 1. Comparison between dissolved oxygen results from azide modification Winkler method and self-prepared test kit from 305 water samples collected in 24 hours from Prince of Songkla University, Pattani campus (Mean \pm SE mg/L).

Water source and time of collection	Azide modification Winkler method	Self-prepared test kit	N	t	p
Sahasawat Canal					
0:00 - 4:00	9.49 \pm 1.14	9.49 \pm 1.14	18	-0.59	0.560
4:01 - 8:00	2.19 \pm 0.35	2.20 \pm 0.36	6	-1.26	0.262
8:01 - 12:00	6.26 \pm 0.58	6.27 \pm 0.59	7	-0.64	0.544
12:01 - 16:00	16.46 \pm 1.61	16.43 \pm 1.62	2	2.95	0.208
16:01 - 20:00	11.63 \pm 0.80	11.63 \pm 0.80	12	0.10	0.921
20:01 - 24:00	7.46 \pm 0.62	7.47 \pm 0.62	12	-1.76	0.107
Faculty club					
0:00 - 4:00	8.39 \pm 1.31	8.40 \pm 1.31	19	-0.92	0.370
4:01 - 8:00	1.58 \pm 0.31	1.60 \pm 0.31	5	-0.81	0.463
8:01 - 12:00	5.55 \pm 0.46	5.54 \pm 0.46	8	1.37	0.214
12:01 - 16:00	14.17 \pm 1.18	14.18 \pm 1.17	2	-0.70	0.611
16:01 - 20:00	9.38 \pm 0.58	9.40 \pm 0.57	9	-1.44	0.189
20:01 - 24:00	4.15 \pm 0.42	4.16 \pm 0.42	10	-0.79	0.450
Fish culture pond					
0:00 - 4:00	8.16 \pm 0.31	8.18 \pm 0.31	18	-2.09	0.052
4:01 - 8:00	5.62 \pm 0.12	5.62 \pm 0.12	5	-0.51	0.636
8:01 - 12:00	5.44 \pm 0.13	5.43 \pm 0.13	8	1.87	0.104
12:01 - 16:00	11.35 \pm 0.59	11.34 \pm 0.59	2	*	*
16:01 - 20:00	10.35 \pm 0.25	10.36 \pm 0.25	10	-0.83	0.426
20:01 - 24:00	7.84 \pm 0.28	7.85 \pm 0.28	11	-0.61	0.558
Art Gallery Bldg.					
0:00 - 4:00	8.55 \pm 0.95	8.56 \pm 0.95	16	-0.54	0.599
4:01 - 8:00	1.54 \pm 0.23	1.56 \pm 0.24	5	-2.72	0.053
8:01 - 12:00	5.73 \pm 0.62	5.74 \pm 0.62	4	-0.59	0.594
12:01 - 16:00	16.20 \pm 0.00	16.20 \pm 0.00	1	*	*
16:01 - 20:00	14.17 \pm 0.42	14.16 \pm 0.42	5	2.31	0.082
20:01 - 24:00	8.89 \pm 0.70	8.89 \pm 0.70	7	-0.64	0.543
Lanlae Student canteen					
0:00 - 4:00	13.33 \pm 1.84	13.32 \pm 1.84	16	0.23	0.819
4:01 - 8:00	4.19 \pm 0.91	4.17 \pm 0.91	6	1.15	0.301
8:01 - 12:00	10.37 \pm 0.57	10.37 \pm 0.57	5	0.00	0.999
12:01 - 16:00	18.36 \pm 2.96	18.33 \pm 2.97	2	2.95	0.208
16:01 - 20:00	16.99 \pm 1.12	16.94 \pm 1.09	7	1.57	0.168
20:01 - 24:00	6.91 \pm 0.60	6.93 \pm 0.68	8	-2.30	0.055
College of Islamic Study Bldg.					
0:00 - 4:00	11.89 \pm 1.76	11.90 \pm 1.76	16	-0.92	0.373
4:01 - 8:00	1.25 \pm 0.24	1.24 \pm 0.26	5	0.20	0.852
8:01 - 12:00	6.46 \pm 1.79	6.44 \pm 1.79	3	0.98	0.999
12:01 - 16:00	23.53 \pm 0.00	23.52 \pm 0.00	1	*	*
16:01 - 20:00	13.67 \pm 1.03	13.68 \pm 1.03	6	-1.24	0.271
20:01 - 24:00	5.52 \pm 0.53	5.52 \pm 0.54	8	-0.45	0.666
Tilapia culture pond					
0:00 - 4:00	5.93 \pm 0.45	5.94 \pm 0.45	9	-0.61	0.561
8:01 - 12:00	9.15 \pm 0.70	9.17 \pm 0.70	5	-2.10	0.104
16:01 - 20:00	11.80 \pm 0.00	11.93 \pm 0.00	1	*	*
20:01 - 24:00	6.68 \pm 0.10	6.67 \pm 0.10	4	0.59	0.594
Average	9.16 \pm 0.24	9.17 \pm 0.24	305	-1.55	0.123

* = Incalculable

Table 2. Comparison between dissolved oxygen results from azide modification Winkler method and self-prepared test kit from 305 water samples collected in Pattani campus with different water temperature, salinity, and pH (Mean \pm SE mg/L).

Water Quality	Azide modification Winkler method	Self-prepared test kit	N	t	p
Water temperature ($^{\circ}$C)					
<30:0					
(27.2-29.9)	4.46 \pm 0.22	4.46 \pm 0.22	84	0.26	0.795
30.1 - 32.0	7.38 \pm 0.28	7.39 \pm 0.28	142	-1.88	0.062
>32					
(32.1-35.8)	15.65 \pm 0.40	15.65 \pm 0.40	79	1.53	0.129
Salinity (ppt)					
0	8.01 \pm 0.22	8.03 \pm 0.22	53	-2.00	0.051
1 - 5	9.83 \pm 0.56	9.85 \pm 0.56	93	-1.20	0.233
6 - 10	7.62 \pm 0.37	7.64 \pm 0.37	4	-0.66	0.555
11 - 15	12.75 \pm 1.97	12.67 \pm 1.93	6	2.70	0.054
16 - 20	8.92 \pm 0.64	8.93 \pm 0.64	23	-0.06	0.951
21 - 25	7.86 \pm 0.35	7.88 \pm 0.35	126	-1.97	0.051
pH					
<8.00					
(7.62-7.99)	1.54 \pm 0.26	1.55 \pm 0.26	19	-1.44	0.169
8.10 - 8.50	6.48 \pm 0.29	6.48 \pm 0.29	120	0.12	0.903
8.60 - 9.00	10.33 \pm 0.35	10.33 \pm 0.35	140	1.76	0.080
>9.00					
(9.10-9.58)	18.30 \pm 1.01	18.30 \pm 1.01	27	0.63	0.536
Average	9.16 \pm 0.24	9.17 \pm 0.24	305	-1.55	0.123

เป็นลักษณะ supersaturation และในช่วงที่ไม่มีมีการสังเคราะห์ด้วยแสง (หลังพระอาทิตย์ตกดินแล้ว) ก็ยังมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำค่อนข้างสูง เนื่องจากแหล่งน้ำเป็นที่รองรับน้ำทิ้งจากอาคารต่างๆหรือเป็นบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้มีธาตุอาหารปริมาณสูง เกิด phytoplankton bloom สังเกตสีของน้ำค่อนข้างเขียว ความโปร่งแสงต่ำสอดคล้องกับ Boyd (1996) และ Barnabe (1994) ที่ระบุว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายที่ผิวหน้าของแหล่งน้ำลักษณะนี้จะผันแปรค่อนข้างสูงในรอบวัน มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงในบริเวณ euphotic zone ที่อยู่ใกล้ผิวน้ำ แม้หลังจากพระอาทิตย์ตกดินเป็นช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องในเวลากลางคืน และมีค่าต่ำสุดอย่างมากในเวลาใกล้รุ่ง จากกระบวนการหายใจของ phytoplankton ที่มีปริมาณมาก

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่วิเคราะห์โดยชุดทดสอบที่เตรียมเอง

กับวิธีดัดแปลงของวงเลอริโดยไซแอไซด์ จากน้ำตัวอย่างจำนวน 305 ตัวอย่าง นั้น พบว่าปริมาณออกซิเจนที่วิเคราะห์ได้จากวิธีการทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันดีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) เท่ากับ 0.999 (p < 0.00, N = 305) มีสมการความสัมพันธ์แบบความถดถอยเชิงเส้น $Y = 0.9992X + 0.0111$ (p < 0.00, N = 305) (Figure 3) และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ในแต่ละคู่ ในภาพรวมทั้งหมด โดยใช้วิธี paired t-test พบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีการทั้งสองแบบจับคู่กันนั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p =

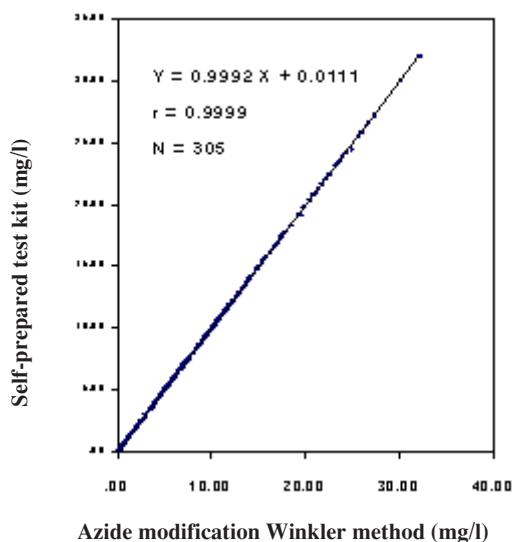


Figure 3. Correlation of dissolved oxygen between azide modification Winkler method and self-prepared test kit from 305 water samples.

วิจารณ์

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณออกซิเจนที่วิเคราะห์ทั้งสองวิธีให้ความสัมพันธ์กันสูงมาก ค่า r = 0.999 และ $Y = 0.9992X + 0.0111$ ซึ่งจะเห็นได้ว่า slope เข้าใกล้ 1 และ Y-intercept เข้าใกล้ 0 เนื่องจากมีหลักการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน แต่ปรับขนาด ปริมาตรและอุปกรณ์ให้มีความกะทัดรัดและประหยัด ผลการประเมิน

0.123) แสดงว่า ชุดทดสอบที่เตรียมเองสำหรับวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนภายนอกห้องปฏิบัติการนี้ให้ผลการประเมินที่เชื่อถือได้ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างวิธีการทั้งสอง ไม่มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นแบบสัดส่วน (proportional error) หรือแบบคงที่ (constant error) ที่อาจเกิดขึ้นตลอดช่วงค่าของการทดสอบ และเมื่อนำค่าปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทั้งสองไปทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีการ paired t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ค่าใช้จ่าย หรือ ต้นทุนของการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของวิธีดัดแปลงของวงเลอริโดยไซแอไซด์ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันนั้น ปัจจุบัน (พ.ศ. 2548) ต้นทุนอยู่ที่ 31.51 บาท/การทดสอบ ในขณะที่ชุดทดสอบที่เตรียมเองมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 3.93 บาท/การทดสอบเท่านั้น ดังนั้นชุดทดสอบที่เตรียมเองจึงมีต้นทุนที่ถูกกว่าวิธีที่อ้างอิงถึง 8 เท่า

วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีดัดแปลงของวงเลอริโดยไซแอไซด์ เป็นวิธีการไทเทรตที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การไทเทรตจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์และเครื่องแก้ว ได้แก่ บีกเกอร์ ฟลาสก์ กระจกตวง ไปเปตต์ขนาดต่างๆ บิวเรตต์และขวดจิ้งยัด เป็นต้น การไทเทรต จึงเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ แต่สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนให้ได้ค่าถูกต้องที่สุด จำเป็นจะต้องวิเคราะห์โดยทันที หรือภายหลังจากการเก็บตัวอย่างภายนอกห้องปฏิบัติการเสร็จเรียบร้อยแล้ว การเก็บตัวอย่างเพื่อรอการลำเลียงไปยังห้องปฏิบัติการ แม้ว่า จะเก็บไว้ในที่เย็น ไม่ถูกแสงสว่างหรือการเติมสารละลายที่ใช้วิเคราะห์เพื่อหยุดปฏิกิริยาต่างๆไว้ก่อน ล้วนอาจส่งผลต่อความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ (ธงชัย และ อุษา, 2535 และ APHA, 1992) ดังนั้น จึงมักมีการดัดแปลงอุปกรณ์การตวงและการไทเทรต ที่แตกต่างจากวิธีการที่เป็นมาตรฐาน เช่น การใช้กระจกตวงขนาดใหญ่มากสำหรับการตวงและการไทเทรต เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ยังคงต้องเสียค่าใช้จ่ายสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์สูงเท่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดสอบที่เตรียมเอง จะเห็นได้ว่า อุปกรณ์และเครื่องแก้ว มีขนาดสัดส่วนลดลง เล็กกระทัดรัด สะดวก และเสียค่าใช้จ่ายน้อย เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ภายนอกห้องปฏิบัติการ ซึ่งยังคงได้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน

สรุป

ผลการศึกษานี้ประเมินให้เห็นว่า ชุดทดสอบที่เตรียมเองมีคุณสมบัติด้านการปฏิบัติของการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ดีใกล้เคียงกับวิธีดัดแปลงของ วิงเลอร์โดยใช้แอสไซด์ ซึ่งเป็นวิธีที่อ้างอิงและนิยมใช้กัน ชุดทดสอบที่เตรียมเองจึงมีความเหมาะสม ที่จะนำมาใช้สำหรับงานวิเคราะห์ที่ต้องการทราบผลโดยเบื้องต้นได้ และยังเสียค่าใช้จ่ายต่อตัวอย่างถูกกว่าด้วย ทั้งยังมีขนาดของอุปกรณ์กะทัดรัด สะดวก สำหรับการวิเคราะห์นอกห้องปฏิบัติการที่ต้องการทราบผลโดยเบื้องต้น เช่น ตัวอย่างน้ำจาก แม่น้ำ ลำธาร ชายฝั่งทะเล ป่อเก็บน้ำ โรงเพาะฟักสัตว์น้ำ และป่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนา เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- จรัญ จันทลักษณ์.2534. สถิติ วิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6, ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ อุษา วิเศษสุนัน (บรรณารักษ์).2535. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- มันลิน ตัดกุลเวศน์. 2538. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สิริ ทักษ์วินาศ. 2528. วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง.สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง,กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สงขลา.

American Public Health Association (APHA), American Water Work Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF).1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. American Public Health Association, Washington. D.C.

Barnabe, G. 1994. Extensive culture of fish in ponds. In Barnabe, G. (ed.). 1994. Aquaculture : Biology and Ecology of Cultured Species. Ellis Sherwood, New York, p. 336.

Boyd, C.E. 1981. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Department of Fisheries & Allied Aquacultures. Auburn University, Alabama.

Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.

Boyd, C.E. 1996. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Shrimp Mart (Thai) Company, Hat Yai.

Sawyer, C.N. and McCarty, P.L. 1978. Chemistry for Sanitary Engineers. 3rd Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Swingle, H.S. 1969. Method of Analysis of Water, Organic Matter and Pond Bottom, Soils Used in Fisheries Research. Auburn University, Alabama.