

## สรุปผลการดำเนินงาน ระดับที่ 4 และระดับที่ 5

ตัวชี้วัดที่ 3.38 : ระดับความสำเร็จของการพัฒนาชุดทดสอบไนเตรท สำหรับการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค

The Development of Nitrate test kit for Drinking Water Quality Surveillance.

ระยะเวลาดำเนินการ : รอบ 5 เดือนหลัง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (มีนาคม - กรกฎาคม 2566)

### ผลการดำเนินงานระดับที่ 4 : สรุปรายงานผลการพัฒนาชุดทดสอบในภาพรวมตามแผน

#### 1. หลักการและเหตุผล :

ประเทศไทย เป็นประเทศที่ใช้ปุ๋ยและสารเคมีในภาคการเกษตรอย่างมาก ซึ่งไนโตรเจนเป็นแร่ธาตุอาหารหลักสำคัญที่จำเป็นอย่างมากสำหรับการปลูกพืช ไนโตรเจนเป็นกลุ่มสารอาหารอินทรีย์และการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรไนโตรเจนมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม เพราะหากมีสารประกอบไนโตรเจนที่มากเกินไป อาจทำให้เกิดเป็นแหล่งมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำเกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ น้ำเน่า ปุ๋ย และสารเคมีจากเกษตรกรรม เมื่อแบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน จากน้ำเสีย อุจจาระ และสารประกอบโปรตีน เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) จากนั้นเป็นไนไตรท์ ( $\text{NO}_2$ ) และสุดท้ายไปเป็นไนเตรท ( $\text{NO}_3$ ) ซึ่งสามารถละลายได้ดีในน้ำ จึงไหลซึมผ่านการกรองของชั้นดินลงสู่ใต้ดินและสู่แหล่งน้ำบาดาล แต่บางส่วนพืชใช้เป็นอาหาร ดังนั้น การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์และปุ๋ย เป็นสาเหตุหลักของการปนเปื้อนไนเตรทในแหล่งน้ำซึ่งอาจเพิ่มความเข้มข้นของไนเตรท ในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมากขึ้น

ผลกระทบต่อด้านสุขภาพ มีผลการศึกษาวิจัยจากต่างประเทศยืนยันชัดเจนว่า เด็กทารกที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ประกอบเกษตรกรรมในเชิงอุตสาหกรรม ที่มีการปนเปื้อนไนเตรทในแหล่งน้ำชุมชนสูง จะเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงทางสุขภาพสูงสุด พิษของไนเตรทจะทำให้เด็กเกิดโรค "Blue-baby syndrome" หรือ methemoglobinemia และมักเกิดในเด็กทารกอายุต่ำกว่า 4 เดือน ที่ดื่มน้ำมีไนเตรทเจือปนในปริมาณสูงซึ่งอาการของ Blue-baby syndrome จะเป็นในลักษณะที่ แบททีเรียในลำไส้เปลี่ยนรูปไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ ทำให้ฮีโมโกลบินผิดปกติ (methemoglobin) พบว่า ถ้าร่างกายมี Methemoglobin เข้มข้นเป็น 10% ของ Haemoglobin จะเกิดอาการ Methemoglobinaemia-ไม่สามารถนำพาออกซิเจนไปใช้ได้ ทำให้เกิดอาการตัวเขียว(Cyanosis) ถ้าอาการมากขึ้น จะส่งผลให้เกิดอาการขาดออกซิเจน (Asphyxia) อาการนี้เป็นอันตรายมากหากเกิดในเด็ก สตรีมีครรภ์ ผู้ที่มีภาวะซีดหรือมีปัญหาโรคเลือด สำหรับผู้ใหญ่หากดื่มน้ำที่มีไนเตรทปนเปื้อนปริมาณน้อยเป็นระยะเวลานาน จะเกิดพิษเรื้อรังมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งทางเดินอาหาร มะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด NHL มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ มะเร็งรังไข่ ฯลฯ และเมื่อรับประทานอาหารที่ไนเตรทสะสมอยู่ในปริมาณสูง เช่น สัตว์น้ำ หรือผักที่ปลูก พิษที่ตกค้างจะทำให้เกิดภาวะทางประสาท สูญเสียความทรงจำ เป็นอัมพาต หรือท้องร่วงได้

ดังนั้น เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำของประเทศไทยกำหนดให้น้ำบริโภค มีปริมาณไนเตรท ( $\text{NO}_3$ ) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท มีไนเตรท ในรูปของ ไนเตรท ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคมีไนเตรท ( $\text{NO}_3$ ) ไม่เกิน 45 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน กำหนดให้มีไนเตรท ในรูปของไนเตรท ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร และแอมโมเนีย ในรูปของแอมโมเนีย ไนโตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

ความปลอดภัยของน้ำและอาหารสำคัญต่อผู้บริโภค แต่จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริโภคทางห้องปฏิบัติการของกองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัยโดย เทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคกรมอนามัย พ.ศ. 2563 ของจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศย้อนหลัง 3 ปีงบประมาณ (ปีงบประมาณ 2563 - 2565) พบว่าปริมาณไนเตรท มีแนวโน้มเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ในหลายจังหวัด เช่น แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ตาก ลำปาง แพร่ สุพรรณบุรี สระบุรี ชลบุรี สมุทรสาคร ลำพูน และสุราษฎร์ธานี เป็นต้น ซึ่งในการตรวจวิเคราะห์ ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีมาตรฐานต้องใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์และต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้มาตรฐาน มีความน่าเชื่อถือ ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ที่มีราคาแพง และใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ เฉพาะทางเป็นผู้ตรวจวิเคราะห์

เพื่อสนับสนุนให้ภาคีเครือข่ายทุกภาคส่วน ชุมชนและประชาชนในพื้นที่ ร่วมเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทุกกลุ่มวัย กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย จึงดำเนินการศึกษาและพัฒนานวัตกรรมเพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค : (รายการชุดทดสอบไนเตรท ในน้ำบริโภค) ที่ง่ายต่อการใช้งาน เพื่อใช้เฝ้าระวังปริมาณไนเตรทน้ำ ประปาได้ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างทันท่วงที

#### คำจำกัดความ :

**น้ำบริโภค** หมายถึง น้ำที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพโดยผ่านขั้นตอนการตกตะกอน การกรอง การฆ่าเชื้อโรค และการสูบน้ำไปยังผู้บริโภคผ่านเส้นท่อ

**ไนเตรท** หมายถึง สารประกอบชนิดหนึ่งที่มีสูตรทางเคมี คือ  $\text{NO}_3^-$  นิยมใช้ทำปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญในพืช

**ชุดทดสอบ** หมายถึง ชุดหรือวิธีการทดสอบเบื้องต้น ที่ง่ายต่อการใช้งาน เพื่อการเฝ้าระวังเบื้องต้นก่อนเข้าสู่การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

**คำสำคัญ :** น้ำบริโภค , น้ำบริโภค, ไนเตรท (nitrate), ชุดทดสอบ (Test Kit)

### วัตถุประสงค์ :

๑. เพื่อพัฒนาชุดทดสอบต้นแบบสำหรับหาปริมาณไนเตรทอย่างง่ายในน้ำบริโภค
๒. เพื่อเฝ้าระวังปริมาณไนเตรทในน้ำบริโภค ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทุกกลุ่มวัย
๓. เพื่อสนับสนุนให้ภาคีเครือข่ายและประชาชนในพื้นที่ใช้ชุดทดสอบอย่างง่าย เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค

### 2. เป้าหมายและตัวชี้วัด :

1 เป้าหมายโครงการ	จำนวน	หน่วยนับ
ได้ชุดทดสอบต้นแบบสำหรับหาปริมาณไนเตรทอย่างง่าย ในน้ำบริโภค	60	ชุด
2 ตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ	จำนวน	หน่วยนับ
เชิงปริมาณ : จำนวนชุดทดสอบไนเตรทในน้ำบริโภค ต้นแบบ	60	ชุด
เชิงคุณภาพ : ร้อยละความถูกต้องและน่าเชื่อถือของชุดทดสอบไนเตรทในน้ำบริโภค	85	ร้อยละ

### 3. แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินการ (1 ตุลาคม 2565 – 30 กรกฎาคม 2566)									
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1. ศึกษาข้อมูลเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องในการผลิตชุดทดสอบ - จัดซื้อวัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับทดสอบกลไกการเกิดปฏิกิริยาของชุดทดสอบ - จัดซื้อวัสดุวิทยาศาสตร์สำหรับตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ion chromatography		↔								
2. ออกแบบ รูปแบบของชุดทดสอบไนเตรทในน้ำบริโภคที่ได้จากการศึกษาข้อมูลทางวิชาการ			↔							
3. ดำเนินการทางห้องปฏิบัติการเพื่อพัฒนาชุดทดสอบต้นแบบ 3.1. ความเสถียรของชุดทดสอบ (stability)				←						→

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินการ (1 ตุลาคม 2565 – 30 กรกฎาคม 2566)									
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
3.2. ความเป็นเส้นตรงของชุดทดสอบ (linearity)				↔						
3.3. ความไวของชุดทดสอบ (Sensitivity)								↔		
3.4. ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity test)							↔			
4. ทดสอบความใช้ได้ของชุดทดสอบไนเตรทในตัวอย่างน้ำบริโภคน้ำที่ส่งตรวจกับ กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย โดยเปรียบเทียบค่าปริมาณไนเตรทที่ได้จากชุดทดสอบ กับวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ ด้วยสถิติที่เหมาะสม									↔	↔
5. รายงานผลการดำเนินงาน การพัฒนาชุดทดสอบไนเตรท										↔
6. ทดสอบความใช้ได้ของชุดทดสอบในพื้นที่จริง เทียบกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ จำนวน 50 ตัวอย่าง									↔	↔
7. ปรับปรุงชุดทดสอบต้นแบบ										↔
8. ได้ชุดทดสอบไนเตรทต้นแบบที่สมบูรณ์										↔
9. จัดทำเอกสารรายงานฉบับสมบูรณ์										↔

### ผลที่คาดว่าจะได้รับ

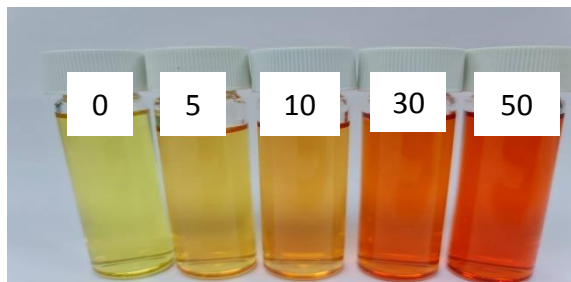
สามารถนำชุดทดสอบไนเตรทในน้ำบริโภค ไปเสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพบริโภคได้ตามความเหมาะสม

### 4. สรุปผลการดำเนินงาน

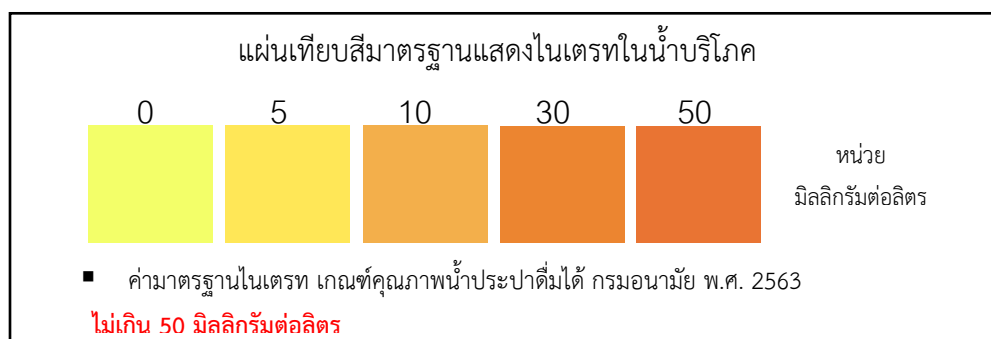
ตามแผนการดำเนินงานในรอบ 5 เดือนหลัง (มีนาคม - กรกฎาคม 2566) ตั้งแต่กิจกรรมที่ 3 – 8 สรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

## 1. ผลการทดสอบปฏิกิริยาการเกิดสีมาตรฐานของต้นแบบชุดทดสอบไนเตรท (Test kit)

เมื่อเตรียมสารละลายไนเตรทเข้มข้น 0 5 10 30 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากสารละลายมาตรฐาน ไนเตรทเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดสอบและหลังทำปฏิกิริยากับ สารเคมี 1 และ 2 แล้วให้สีดังภาพ



ภาพที่ 1 แสดงการเกิดสีของสารมาตรฐานไนเตรท ที่ระดับความเข้มข้น 0 5 10 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากภาพที่ได้ นำไปสร้างแผ่นเทียบสีได้ดังนี้



## ภาพที่ 2 แผ่นเทียบสีมาตรฐานแสดงปริมาณไนเตรท

จากสีมาตรฐานที่ได้ นำสารละลายระดับความเข้มข้นต่างๆ ไปทดสอบความใช้ได้ของต้นแบบชุดทดสอบไนเตรท ในน้ำบริโภคน

จากแผ่นเทียบสี ที่ได้ในรอบ 5 เดือนแรก ได้ดำเนินการทางห้องปฏิบัติการเพื่อพัฒนาชุดทดสอบต้นแบบ ตามแผนการดำเนินงานในรอบ 5 เดือนหลัง (มีนาคม - กรกฎาคม 2566) ตั้งแต่กิจกรรมที่ 3-8 สรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

### 1. การทดสอบความเสถียร (Stability)

เป็นกระบวนการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารทดสอบในชุดทดสอบทางเคมี ความเสถียรที่ดีคุณสมบัติของสารทดสอบจะต้องไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไประยะเวลาหนึ่ง

#### 1.1. ขั้นตอนการทดสอบความเสถียรของชุดทดสอบไนเตรท

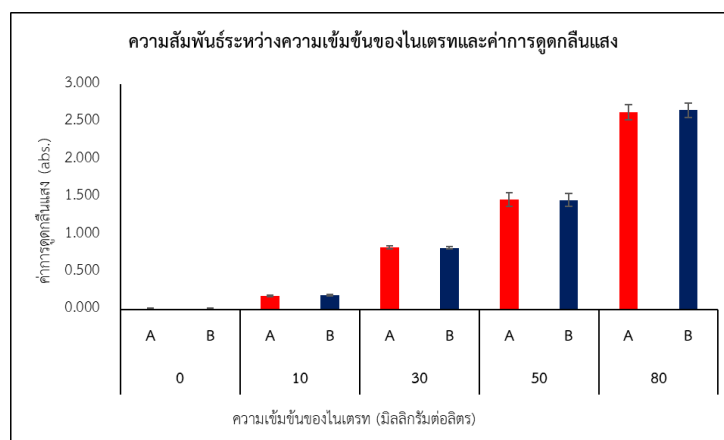
- 1.1.1. เตรียมสารละลายทดสอบ 2 ชุด นำชุดที่ 1 ไปวิเคราะห์ในเตรทความเข้มข้น 0, 10, 30, 50 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความยาวคลื่น 513 นาโนเมตรทันที ทำทั้งหมดอย่างละ 10 ซ้ำ บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (A)
- 1.1.2. นำสารละลายชุดที่ 2 เก็บทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ไม่ถูกแสงแดด พอครบเวลา นำไปวิเคราะห์ในเตรทความเข้มข้น 0, 10, 30, 50 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำทั้งหมดอย่างละ 10 ซ้ำ ที่ความยาวคลื่น 513 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (B)
- 1.1.3. เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของชุดที่ 1 (A) และค่าดูดกลืนแสงของชุดที่ 2 (B) ที่เวลาผ่านไป 1, 2, 3 และ 6 เดือน นำไปหาความเสถียร (stability testing) ของสารละลายที่ใช้ตรวจสอบปริมาณไนเตรท ด้วยสถิติ t-test

## 1.2. ผลการวิเคราะห์ความเสถียร (Stability)

ตารางที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบไนเตรทเริ่มต้น (A) และระยะเวลา 6 เดือน (B)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นของไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)									
	0		10		30		50		80	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0.002	0.015	0.167	0.180	0.807	0.828	1.585	1.496	2.787	2.670
2	0.010	0.000	0.178	0.175	0.801	0.825	1.360	1.433	2.585	2.717
3	0.016	0.017	0.185	0.179	0.849	0.839	1.521	1.550	2.523	2.504
4	0.018	0.007	0.188	0.197	0.830	0.807	1.558	1.449	2.603	2.736
5	0.004	0.020	0.194	0.188	0.848	0.845	1.496	1.522	2.625	2.517
6	0.014	0.010	0.166	0.195	0.809	0.809	1.338	1.545	2.608	2.739
7	0.012	0.005	0.173	0.186	0.846	0.801	1.446	1.304	2.510	2.765
8	0.009	0.017	0.182	0.195	0.812	0.804	1.540	1.424	2.730	2.633
9	0.010	0.012	0.162	0.186	0.828	0.819	1.355	1.330	2.542	2.731
10	0.014	0.000	0.179	0.166	0.837	0.809	1.429	1.505	2.770	2.544
ค่าเฉลี่ย	0.011	0.010	0.177	0.185	0.827	0.819	1.463	1.456	2.628	2.656
SD	0.0050	0.0072	0.0103	0.0099	0.0183	0.0153	0.0904	0.0854	0.1007	0.1001
df	9		9		9		9		9	
t Stat	-0.9781		-1.4872		-0.1076		-0.4555		-0.4162	

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นของไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)									
	0		10		30		50		80	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
P(T<=t) two-tail	0.3536		0.1711		0.9167		0.6596		0.6870	
t Critical two-tail	2.2622		2.2622		2.2622		2.2622		2.2622	



ภาพที่ 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของไนเตรท ระยะเวลาเริ่มต้น (A) เทียบกับระยะเวลา 6 เดือน (B)

จากตาราง นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ดังภาพที่ 3 พบว่า ค่า error bar ของของแต่ละความเข้มข้นต่างๆ อยู่ในช่วงเดียวกัน และนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ t-test พบว่า ค่า t Stat มีค่าน้อยกว่า t Critical two-tail ทุกความเข้มข้น แสดงว่าสารทดสอบมีความเสถียรเพียงพอในระยะเวลา 6 เดือน สำหรับการตรวจสอบปริมาณไนเตรทในน้ำบริโภคได้

## 2. การทดสอบความเป็นเส้นตรง (linearity)

การศึกษาความเป็นคุณสมบัติที่บอกว่า สัญญาณของเครื่องมือวัดแปรเปลี่ยนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารที่ศึกษา

### 2.1. ขั้นตอนเตรียมช่วงความเข้มข้นมาตรฐาน

- 2.1.1. เตรียมสารละลายไนเตรทเข้มข้น 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากสารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเตรียมได้จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรทในการทดสอบความเป็นเส้นตรง (linearity)

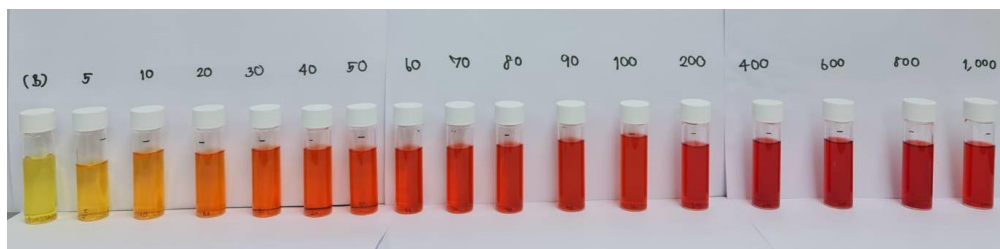
สารละลายมาตรฐานใช้งาน (Working standard)	สารละลายมาตรฐานที่นำมาเจือจาง (Stock solution)		ปรับปริมาตร (มิลลิลิตร)
	Conc. (mg/L)	Volume (ml)	
0	1,000	0	50
5	1,000	0.25	50
10	1,000	0.50	50
20	1,000	1.00	50
30	1,000	1.50	50
40	1,000	2.00	50
50	1,000	2.50	50
60	1,000	3.00	50
70	1,000	3.50	50
80	1,000	4.00	50
90	1,000	4.50	50
100	1,000	5.00	50
200	1,000	10.00	50
400	1,000	20.00	50
600	1,000	30.00	50
800	1,000	40.00	50
1,000	1,000	50.00	50

## 2.2. ขั้นตอนการทำให้เกิดสี และสร้างกราฟมาตรฐาน

- 2.2.1. นำสารละลายไนเตรทเข้มข้น 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มาอย่างละ 20 มิลลิลิตร เทลงในหลอดทำปฏิกิริยาขนาด 20 มิลลิลิตร จำนวนความเข้มข้นอย่างละ 6 หลอด
- 2.2.2. เติมน้ำที่ 1 และ 2 ลงไปอย่างละ 10 หยด ตามลำดับ ทิ้งไว้ 8 นาที เพื่อให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์
- 2.2.3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 513 นาโนเมตร พล็อตความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย (บนแกน X) และค่าการดูดกลืนแสง (บนแกน Y)



2.2.4. วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient : r) โดยที่  $r = \sqrt{R^2}$  โดยที่  $R^2$  คือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination) ค่า r ที่ได้ควรมีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 เป็นค่าที่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย และค่าการดูดกลืนแสง มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง



ภาพที่ 4 การเกิดสีของสารมาตรฐานไนเตรทในการวิเคราะห์ความเป็นเส้นตรง (linearity)

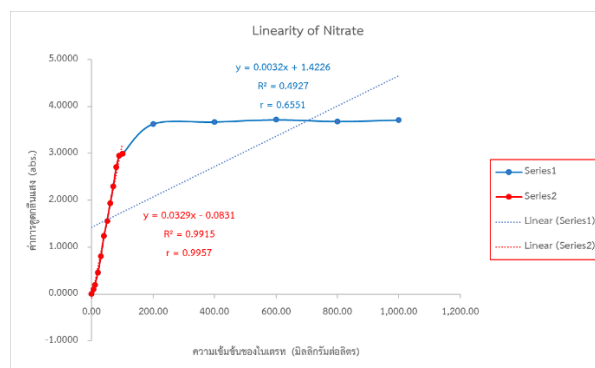
### 2.3. ผลการวิเคราะห์ความเป็นเส้นตรง (linearity)

ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรทของการวิเคราะห์ความเป็นเส้นตรง(linearity)

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)										ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10		
0	0.000	0.001	0.001	0.001	0.014	0.010	0.014	0.014	0.018	0.016	0.0124	0.0056
5	0.110	0.110	0.110	0.111	0.102	0.102	0.102	0.103	0.102	0.101	0.1048	0.0042
10	0.197	0.192	0.189	0.189	0.198	0.198	0.193	0.193	0.195	0.196	0.1937	0.0034
20	0.454	0.454	0.457	0.458	0.462	0.462	0.465	0.465	0.467	0.467	0.4619	0.0046
30	0.804	0.805	0.807	0.808	0.816	0.813	0.812	0.820	0.824	0.828	0.8148	0.0079
40	1.231	1.229	1.249	1.244	1.248	1.247	1.246	1.250	1.254	1.255	1.2469	0.0076
50	1.515	1.517	1.613	1.615	1.535	1.531	1.612	1.615	1.540	1.544	1.5691	0.0430
60	1.931	1.926	1.935	1.933	1.950	1.953	1.942	1.942	1.957	1.957	1.9439	0.0111
70	2.285	2.285	2.280	2.279	2.302	2.302	2.290	2.290	2.319	2.319	2.2962	0.0153
80	2.751	2.735	2.638	2.638	2.751	2.751	2.663	2.650	2.751	2.750	2.7030	0.0536
90	3.035	3.035	2.838	2.820	3.035	3.035	2.839	2.839	3.035	3.034	2.9456	0.1060
100	2.950	2.977	3.004	3.004	2.977	2.977	3.004	3.004	3.004	3.004	2.9950	0.0135
200	3.578	3.703	3.703	3.578	3.578	3.577	3.702	3.703	3.578	3.578	3.6333	0.0659
400	3.578	3.702	3.702	3.878	3.578	3.702	3.702	3.577	3.577	3.701	3.6799	0.0957
600	3.709	3.583	3.708	3.885	3.884	3.708	3.708	3.583	3.707	3.708	3.7193	0.1075

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)										ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10		
800	3.708	3.707	3.708	3.582	3.707	3.707	3.582	3.707	3.707	3.708	3.6794	0.0552
1,000	3.707	3.707	3.707	3.707	3.582	3.706	3.707	3.707	3.707	3.883	3.7126	0.0761

จากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ นำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนเตรท โดยให้ความเข้มข้นของไนเตรทอยู่ในแกน X และค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในแกน Y ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นไนเตรท ในการหาวิเคราะห์ความเป็นเส้นตรง (linearity)

จาก ภาพที่ 5 เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 513 นาโนเมตร ของสารละลายไนเตรท โดยใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ 0 จนถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ที่ความเข้มข้นมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (เส้นสีน้ำเงิน) เป็นต้นไป ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มคงที่ไม่เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น เกิดจากปริมาณไนเตรทที่มากเกินไป ไม่สามารถฟอร์มสีของสารทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นได้ ความเข้มของสีเลยมีค่าใกล้เคียง ทำให้ค่า  $r$  ไม่เข้าใกล้ 1 ( $r = 0.6551$ ) ดังนั้นช่วงความเข้มข้น 0 จนถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ไม่เหมาะสมไปพัฒนาชุดทดสอบที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0 จนถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (เส้นสีแดง) มีค่า  $r$  เข้าใกล้ 1 ( $r = 0.9957$ ) ทำให้ช่วงความเข้มข้น 0 จนถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ทำให้ช่วงนี้มีความเหมาะสมไปพัฒนาชุดทดสอบไนเตรท

### 3. ผลการวิเคราะห์ความไว (sensitivity) ของต้นแบบชุดทดสอบไนเตรท (Test kit)

โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของ sample blank ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงแบบลำแสงคู่ที่มีความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) 513 นาโนเมตร ทำซ้ำ 10 ซ้ำ คำนวณหาค่า LOD และ LOQ ได้ผลดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์หาความไว (Sensitivity)

ค่าเฉลี่ยจำนวน 10 ซ้ำ ของความเข้มข้นของ sample blank ที่วิเคราะห์ได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.10
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของ sample blank	0.22
ขีดจำกัดในการตรวจวัด (detection limit, LOD) (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากสูตร $LOD = \bar{x} + 3S$	$= 3.10 + (3 \times 0.22)$ $= 3.76$
ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (quantitation limit, LOQ) (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากสูตร $LOQ = \bar{x} + 10S$	$= 3.10 + (10 \times 0.22)$ $= 5.3$

จากตารางที่ 4 ชุดทดสอบไนเตรท มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นได้ คือ 3.76 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้ว่ามีชุดทดสอบไนเตรทสามารถทดสอบไนเตรทในน้ำบริโภค ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ คือ 5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

### 4. ผลการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity test)

ผลการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) ของสารเคมีที่ใช้ทดสอบปริมาณไนเตรทในชุดทดสอบไนเตรทต้นแบบ มีความเป็นเนื้อเดียวกันของสารเคมีทดสอบหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การยอมรับความเที่ยงตามสมการ Horwitz มาประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน ที่ความเข้มข้น 0, 5, 10, 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร อย่างละ 20 ขวด จากสารละลายมาตรฐานเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่า HorRat ที่ได้ มีค่าน้อยกว่า 2 ทุกความเข้มข้น (ยกเว้น ที่ความเข้มข้นของ ไนเตรทเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นแปลงค์ของการวิเคราะห์ จึงไม่นำมาคิดค่า HorRat) ดังนั้นชุดทดสอบไนเตรทต้นแบบนี้ มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ของ AOAC

## 5. ผลการทดสอบความแม่นยำและความเที่ยง (Accuracy and Precision) ของชุดทดสอบไนเตรท

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความแม่นยำและความเที่ยง (Accuracy and precision)

		ความเข้มข้นของสารมาตรฐานไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
		5	10	30	50
ตัวอย่างน้ำบริโภคน	ค่าเฉลี่ย (10 ซ้ำ)	7.66	11.95	34.01	55.58
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.29	0.31	0.5	0.7
	%RSD	3.8	2.7	1.5	1.3
	%Recovery	100.59	93.19	104.61	105.9
	HORRAT	0.49	0.37	0.24	0.22

จากตารางที่ 5 ความแม่นยำ (Accuracy) จะอธิบายในรูปของเปอร์เซ็นต์การกลับคืน (%recovery) กล่าวคือ ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 5 จนถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าได้เปอร์เซ็นต์การกลับคืน (%recovery) อยู่ที่ 80-110 % เป็นเกณฑ์ยอมรับได้ในช่วงความแม่นยำตามเกณฑ์ของ AOAC ส่วนความเที่ยง (Precision) จะอธิบายในรูปของ HORRAT ตามเกณฑ์ของ AOAC จะยอมรับ HORRAT ที่น้อยกว่า 2 ซึ่งชุดทดสอบไนเตรทเมื่อทดสอบกับน้ำทิ้งที่ความเข้มข้น 5 จนถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ค่า HORRAT ตลอดช่วงของความเข้มข้น มีค่าน้อยกว่า 2 แสดงว่า ชุดทดสอบไนเตรทมีความเที่ยงตรง ดังนั้น ชุดทดสอบไนเตรท มีความแม่นยำและความเที่ยง ที่ยอมรับได้ เหมาะสมที่นำไปทดสอบไนเตรทในภาคสนาม

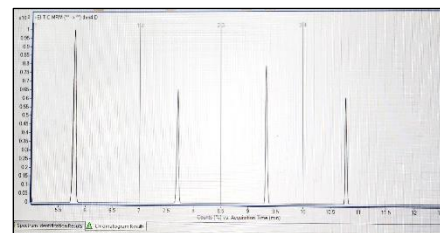
## 6. ทดสอบความใช้ได้ของชุดทดสอบไนเตรทในตัวอย่างน้ำบริโภค ที่ส่งตรวจกับห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย

### วิธีการดำเนินงาน

- นำชุดทดสอบไนเตรททดสอบหาปริมาณไนเตรทในตัวอย่างน้ำประปา/น้ำบริโภค จำนวน 50 ตัวอย่าง
- เปรียบเทียบระหว่างค่าปริมาณไนเตรทที่ได้จากชุดทดสอบไนเตรทที่พัฒนาขึ้นและการตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทด้วยวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการในตัวอย่างเดียวกัน
- ใช้สถิติ Paired sample t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูล 2 กลุ่ม ที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน



ภาพที่ 6 การตรวจวิเคราะห์ไนเตรทด้วยชุดทดสอบไนเตรท



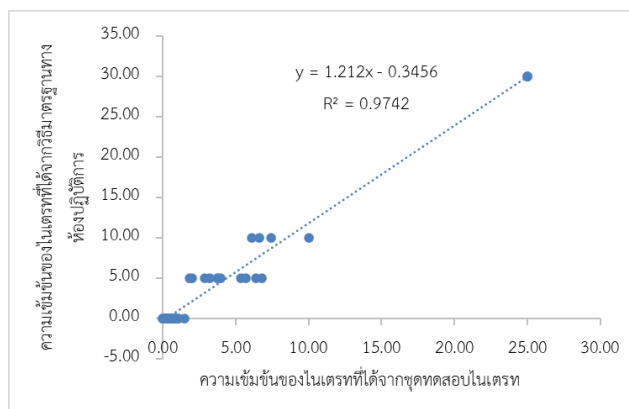
ภาพที่ 7 การตรวจวิเคราะห์ไนเตรทด้วยวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ ion chromatography

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำบริโภค / น้ำประปา

ลำดับ	ประเภทของตัวอย่าง	วิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ	ชุดทดสอบไนเตรท
1	น้ำประปา	6.08	10
2	น้ำประปาผิวดิน (ปลายท่อ)	5.72	5
3	น้ำประปาผิวดิน	6.64	10
4	น้ำประปา	25	30
5	น้ำประปาบาดาล	10	10
6	น้ำประปาผิวดิน	7.45	10
7	น้ำประปา	25	30
8	น้ำประปา	25	30
9	น้ำประปาหมู่บ้าน	5.69	50
10	น้ำประปาหมู่บ้าน	6.41	5
11	น้ำประปาหมู่บ้าน	6.77	5
12	น้ำประปา	0.24	0
13	น้ำประปา รพ.	5.35	5
14	น้ำประปา	0.62	0
15	น้ำประปาอุบโภค	0.5	0
16	น้ำอุบโภค	0	0
17	น้ำอุบโภค	0.49	0
18	น้ำประปาผิวดิน	0	0
19	น้ำอุบโภค/บริโภค	0.38	0
20	น้ำประปาผิวดิน(ต้นท่อ)	0.62	0
21	น้ำประปาบาดาล(ต้นท่อ)	0.32	0
22	น้ำประปาผิวดิน	0.88	0
23	น้ำประปาภูเขา(ล้างหน้า แปร่งพื้น)	0	0
24	น้ำประปาผิวดิน(ต้นท่อ)	1.48	0

ลำดับ	ประเภทของตัวอย่าง	วิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ	ชุดทดสอบไนเตรท
25	น้ำบาดาล	0.71	0
26	น้ำประปาผิวดิน	1.1	<5
27	น้ำประปา	0.35	0
28	น้ำประปา	0.36	0
29	น้ำประปาผิวดิน(ต้นท่อ)	2.86	5
30	น้ำประปาผิวดิน(ต้นท่อ)	0.2	<5
31	น้ำประปาบาดาล	<0.2	0
32	น้ำประปาบาดาล	<0.2	0
33	น้ำประปาบาดาล	<0.2	0
34	น้ำประปาบาดาล	0.26	0
35	น้ำประปาผิวดิน	0.44	0
36	น้ำประปา	0.55	0
37	น้ำบริโภคน	0.78	0
38	น้ำดื่ม	0.74	0
39	น้ำจากตู้น้ำดื่ม	3.78	<5
40	น้ำบริโภคน	3.22	5
41	น้ำบริโภคน	3.99	5
42	น้ำอุปโภค/บริโภคน	0.48	0
43	น้ำอุปโภค/บริโภคน	1.84	<5
44	น้ำประปาภูเขาผ่านกรอง(น้ำดื่ม)	0.89	<5
45	น้ำประปา	0.45	0
46	น้ำประปาผิวดิน	<0.2	0
47	น้ำจากตู้น้ำดื่ม	3.72	5
48	น้ำแปร่งพินผ่านกรอง RO	0.37	0
49	น้ำประปาผิวดิน	1	<5
50	น้ำประปาผิวดิน	0.33	0

จากข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทที่ได้ นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนเตรทที่ได้จากวิธีมาตรฐานเทียบกับชุดทดสอบไนเตรท



ภาพที่ 8 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการและชุดทดสอบไนเตรท

SUMMARY OUTPUT								
<b>Regression Statistics</b>								
Multiple R	0.987020615							
R Square	0.974209695							
Adjusted R Sq	0.973672397							
Standard Error	1.202331209							
Observations	50							
<b>ANOVA</b>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	2621.111184	2621.111	1813.164	8.69876E-40			
Residual	48	69.38881615	1.4456					
Total	49	2690.5						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-0.345555752	0.194778085	-1.7741	0.08239	-0.737183339	0.04607184	-0.73718334	0.046071836
X Variable 1	1.212042588	0.028464219	42.58127	8.7E-40	1.154811439	1.26927374	1.154811439	1.269273737

ผลการวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำบริโภคน้ำจืดจำนวน 50 ตัวอย่าง เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทที่ได้จากวิธีชุดทดสอบ ไม่แตกต่างกับวิธีวิเคราะห์ทางมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ มีความถูกต้อง (Accuracy) 97.42 % (เกณฑ์ยอมรับต้องมากกว่า 85 %) ดังภาพที่ 8 ทำให้ชุดทดสอบไนเตรทที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมในภาคสนามเพื่อเป็นการเฝ้าระวังค่าไนเตรทในน้ำบริโภคน้ำได้

## ผลการดำเนินงานระดับที่ 5 : ได้ชุดทดสอบต้นแบบ ที่ใช้ทดสอบไนเตรท เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค

ได้ชุดทดสอบต้นแบบ : ชุดทดสอบไนเตรท สำหรับการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค



ชุดทดสอบปริมาณไนเตรทในน้ำประปา (๑๔๒)	
<b>วิธีทดสอบปริมาณไนเตรทในน้ำประปาบริโภคโดยเทียบสี</b>	
1. รินน้ำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบลงในขวดแก้วเปล่าจนถึงขีดที่กำหนด	
2. หยดสารเคมี 1 จำนวน 10 หยด แล้วปิดฝาขวดบรรจุน้ำตัวอย่างให้แน่น กลับขวดบรรจุน้ำตัวอย่างขึ้น-ลง จำนวน 4-5 ครั้ง	
3. <b>เขย่าสารเคมี 2 ขึ้น-ลง ไปมา จำนวน 20 ครั้ง</b> เปิดฝาน้ำตัวอย่าง หยดสารเคมี 2 จำนวน 10 หยด แล้วปิดฝาขวดบรรจุน้ำตัวอย่างให้แน่น กลับขวดบรรจุน้ำตัวอย่างขึ้น-ลง จำนวน 9-10 ครั้ง สังเกตสีที่เกิดขึ้น	
4. อ่านค่าปริมาณไนเตรทในน้ำประปา โดยการเทียบสีที่เกิดขึ้นกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน	
<b>ข้อควรระวัง</b>	1. อย่าให้สารเคมีถูกผิวหนัง ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำสะอาดทันที 2. อย่าให้สารเคมีปนเปื้อนในน้ำดื่ม 3. เก็บไว้ในที่ร่ม ใต้พื้นแสงและมือเด็ก
วันผลิต	ผลิตโดย กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย โทร. 0-2968-7600

### ภาพที่ 9 ชุดทดสอบต้นแบบและวิธีการใช้ชุดทดสอบ

ได้ต้นแบบชุดทดสอบสำหรับหาปริมาณไนเตรทในน้ำบริโภค ที่สามารถใช้งานได้ง่าย พกพาสะดวก ราคาถูก มีขั้นตอนไม่ซับซ้อนและอ่านผลได้รวดเร็ว ณ จุดทดสอบ เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภคได้อย่างทันท่วงที

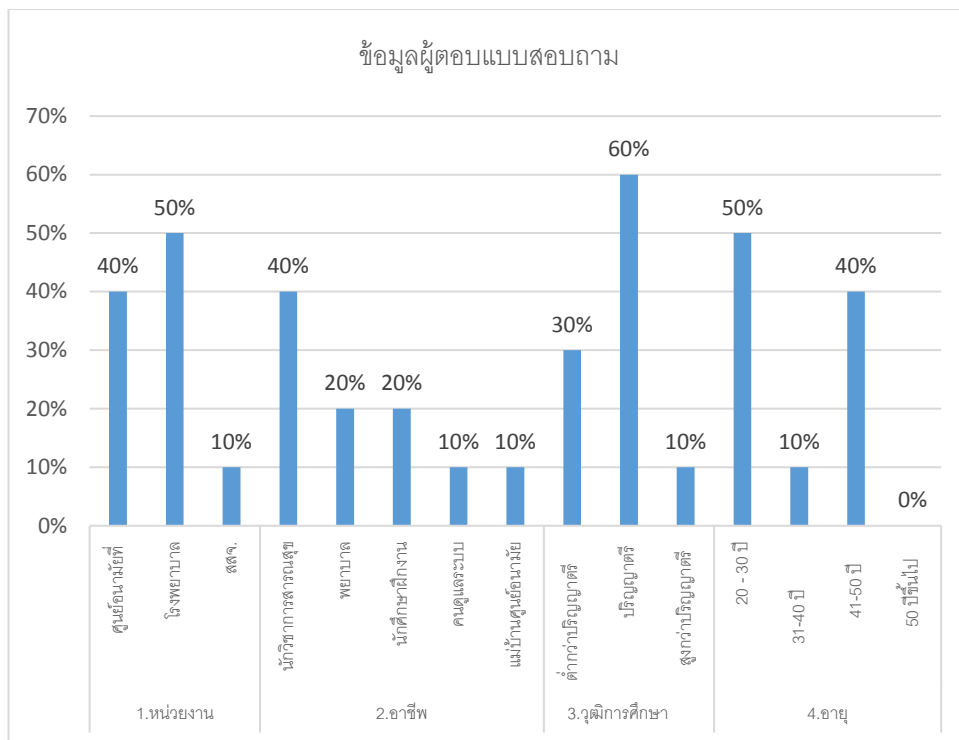
นำชุดทดสอบต้นแบบไปทดสอบการใช้งานจริงในพื้นที่ ระหว่างวันที่ 29-31 พฤษภาคม 2566 ในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์อนามัยที่ 10 อุบลราชธานี



### ภาพที่ 10 แสดงการใช้งานจริงของชุดทดสอบไนเตรทในพื้นที่

โดยให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ประชาชน อสม. ในพื้นที่ทดลองใช้งานจริง กับชุดทดสอบไนเตรทในน้ำบริโภค(ต้นแบบ) เพื่อประเมินว่าชุดทดสอบดังกล่าว สามารถใช้งานได้ง่ายหรือไม่ อ่านคู่มือการใช้แล้วเข้าใจหรือไม่ มีความสะดวกต่อการใช้งานในพื้นที่ และความพึงพอใจต่อชุดทดสอบไนเตรทในภาพรวม รวมถึงข้อเสนอแนะและความต้องการเพิ่มเติมของผู้ใช้งาน เพื่อนำข้อบ่งชี้ไปปรับปรุง/พัฒนาชุดทดสอบต่อไป





ภาพที่ 11 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามการทดสอบชุดทดสอบในเตรทในน้ำบริโภคน (ต้นแบบ) ในพื้นที่ คอ.10

### ประเมินผลความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดสอบในเตรทในน้ำบริโภคน (ต้นแบบ)

โดยการวิเคราะห์และการแปลความหมายคะแนนการประเมินระดับความพึงพอใจ ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ชนิด 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ต (Likert Scale) ได้ผลสรุป ดังนี้

1. ด้านการใช้งานของชุดทดสอบ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด = 92 %

โดยมีข้อที่ควรปรับปรุงคือ การใช้งานและอ่านผลการทดสอบที่ควรรวดเร็วกว่านี้ เนื่องด้วยต้องรอปฏิกิริยาที่เกิดการเปลี่ยนสีที่ถึง 9 นาที (88 %)

2. ด้านลักษณะของชุดทดสอบ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด = 93 %
3. ด้านความมั่นใจในผลการทดสอบ ความพึงพอใจในระดับมาก = 87%
4. ด้านความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานชุดทดสอบ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด = 91.27 %

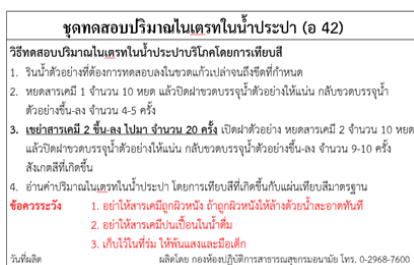
## สรุปข้อเสนอแนะที่ควรนำมาปรับปรุงและพัฒนาให้ได้ชุดทดสอบที่สมบูรณ์ ดังนี้

1. สาร 2 แกะยาก ไม่สะดวก อยากให้ทำเป็นเม็ด เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน
2. ปากคีบ คีบยาก ลื่น เสนอให้ใช้ปากคีบแบบปากปากแบนน่าจะใช้งานได้สะดวกกว่า
3. สารทดสอบจาก 2 ขวด นำมารวมกันเหลือขวดเดียวได้หรือไม่
4. สาร 2 ถ้ามือเปียกจะจับยาก ควรปรับให้เป็นเม็ดหรือซองแยกและควรมีซองกันชื้น
5. หากตัวอย่างน้ำที่ทดสอบพบว่าค่าปริมาณไนเตรทเกินกว่ามาตรฐาน ควรมีคำแนะนำว่าต้องทำอะไรต่อ
6. ตัวหนังสือในคู่มือ มีขนาดเล็กมากมองไม่เห็น ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งาน
7. ควรมีคำเตือนอันตรายจากสารทดสอบ

นำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เพื่อทดสอบการใช้ชุดทดสอบต้นแบบ มาพัฒนาชุดทดสอบไนเตรทในน้ำบริโภค ให้ได้ชุดทดสอบที่สมบูรณ์

## การปรับปรุงพัฒนาชุดทดสอบหลังจากทดลองใช้งานจริง

1. ปรับเปลี่ยนคู่มือการใช้งานจากเดิมเป็นคู่มือข้อความที่ไม่มีรูปภาพประกอบ ให้มีรูปภาพประกอบการใช้งานที่มีขั้นตอนให้เห็นเข้าใจง่าย มีความสวยงาม



รูปแบบเดิมก่อนปรับปรุง

เปลี่ยนเป็น



รูปแบบใหม่หลังปรับปรุง

2. เปลี่ยนรูปแบบชุดทดสอบไนเตรทในน้ําบริโภคนําให้มีความทันสมัย นําใช้งาน



รูปแบบเดิมก่อนปรับปรุง



รูปแบบใหม่หลังปรับปรุง

ปรับปรุงลักษณะของชุดทดสอบไนเตรท : ได้ชุดทดสอบต้นแบบใช้งานได้ง่าย พกพาสะดวก ราคาถูก มีขั้นตอนไม่ซับซ้อนและอ่านผลได้รวดเร็ว ณ จุดทดสอบ



ภาพที่ 11 ชุดทดสอบไนเตรทในน้ําบริโภค หลังจากปรับปรุงแล้วเพื่อให้สะดวกในการใช้งานในพื้นที่จริง

### สรุปผลการศึกษา

การพัฒนาต้นแบบชุดทดสอบไนเตรทในน้ําบริโภค เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ําบริโภค โดยใช้ในการเปรียบเทียบความเข้มของสี (Colorimetric method) ซึ่งไนเตรทในตัวอย่างน้ําทำปฏิกิริยากับซิงค์ (Zn) และกรดซัลฟานิลิก (Sulfanilic acid) ในสภาวะที่เป็นกรด เกิดเป็นเกลือไดอะโซเนียมที่ไม่เสถียร จากนั้นเกลือไดอะโซเนียมจะทำปฏิกิริยากับกรดโครมาโทรปิก (Chromotropic acid) เกิดสารละลายสีแดงส้ม ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 513 นาโนเมตร (nm) ความเข้มของสีที่ปรากฏขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ ไนเตรทที่ละลายอยู่ใน

ตัวอย่างน้ำ ชุดทดสอบนี้สามารถทดสอบปริมาณไนเตรทได้ในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0 จนถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เท่ากับ 0.9957 (เกณฑ์ที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.995) การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดและให้ความถูกต้องของชุดทดสอบเมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการมากกว่า 90% ความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้ชุดทดสอบเปลี่ยนแปลงสีได้ (ความไว (Sensitivity)) คือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อนำไปทดสอบความเสถียร(Stability) ในระยะเวลา 6 เดือน ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของสารทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ

#### กลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ / ผู้รับบริการ (ถ้ามี) :

1. บุคลากรผู้รับผิดชอบงานอนามัยสิ่งแวดล้อมของ
  - 1.1 กรมอนามัยทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค
  - 1.2 สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด
  - 1.3 โรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข
  - 1.4 องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
2. ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้าน
3. สถานประกอบการ เช่น ร้านอาหาร โรงแรม ฯลฯ
4. ประชาชนทั่วไปที่สนใจทดสอบเพื่อตระหนักและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค

#### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ :

1. ได้ชุดทดสอบหาปริมาณไนเตรทในน้ำบริโภค เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ที่ใช้งานได้ง่าย มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน พกพาสะดวก สามารถใช้งานและอ่านผลได้รวดเร็ว ณ จุดทดสอบ
2. ได้ชุดทดสอบต้นทุนต่ำ ราคาถูก ระบุผลการทดสอบได้ว่าตัวอย่างทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่

#### เอกสารอ้างอิงตามหลักวิชาการ

1. Roberto Picetti, Megan Deeney. 2022. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis.210
2. Davoud Jalili,Majid RadFard,and Hamed Soleimani. 2018.Data on Nitrate-Nitrite pollution in the groundwater resources a Sonqor plain Iran.20:394-401

3. Badiadka Narayana and Kenchaiah Sunil,2009. A Spectrophotometric Method for the Determination of Nitrite and Nitrate.Eurasian of Analytical Chemistry.
4. Manori B. Jayawardane, Shen Wei, Ian D. McKelvie, and Spas D. Kolev. (2014). “Microfluidic paper-based analytical device for the determination of nitrite and nitrate.” Analytical Chemistry 86:7274-7279
5. Word Health Organization. 2017. Nitrate and Nitrite in Drinking-water. Geneva.
6. กรรณิการ์ สิริสิงห (2544). เคมีของน้ำ: น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
7. กรมควบคุมมลพิษ (2563). ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง มาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งบางประเภทและบางขนาดลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 (ออนไลน์). สืบค้นจาก [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water04.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html) (1 เมษายน 2563)
8. เทพวิฑูรย์ ทองศรี, ผลกระทบของไนโตรเจนต่อสิ่งแวดล้อม, วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 60 ฉบับที่ 190
9. ศุภมาส ด้านวิทยากุล. ชุดทดสอบ (ทางเคมี) ง่าย ๆ ทำงานอย่างไร.เทคโนโลยีวัสดุ. ฉบับที่ 74 (กรกฎาคม-กันยายน) 2557, หน้า 17 - 18