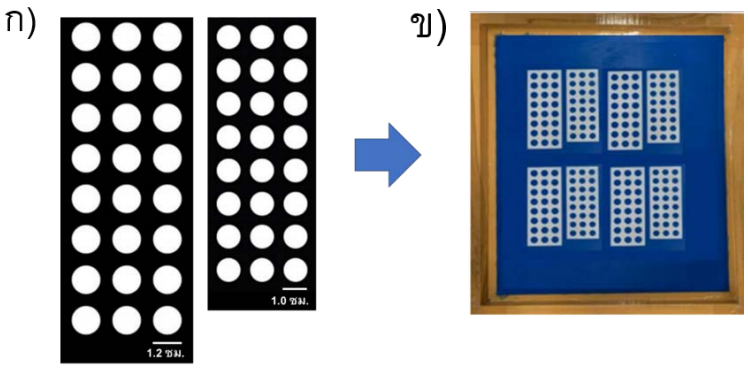
ข้อมูลเสริม (Supplementary Information)

การไทเทรตกรด–เบสบนอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์ของไหลจุลภาคฐานกระดาษ (ไมโครแพด) โดยใช้อินดิเคเตอร์ธรรมชาติ

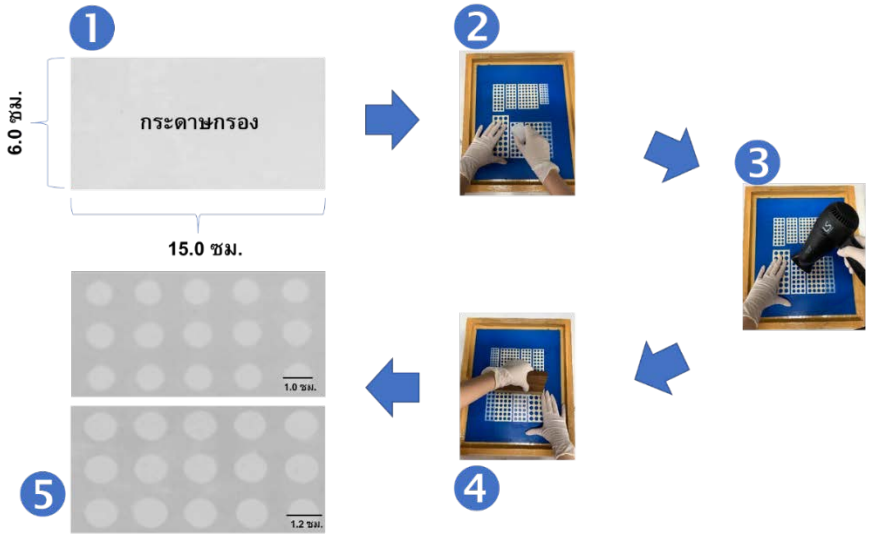
ภัทราวรรณ ศุภเลิศ[1] รัฐพล มีลาภสม[2] อัครพงศ์ ประกอบกิจ[3]
ศักดิ์ศรี สุภาษร[1,3] และปุริม จารุจำรัส[3*]

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190;
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ 46000;
[3]ภาควิชาเคมี และศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

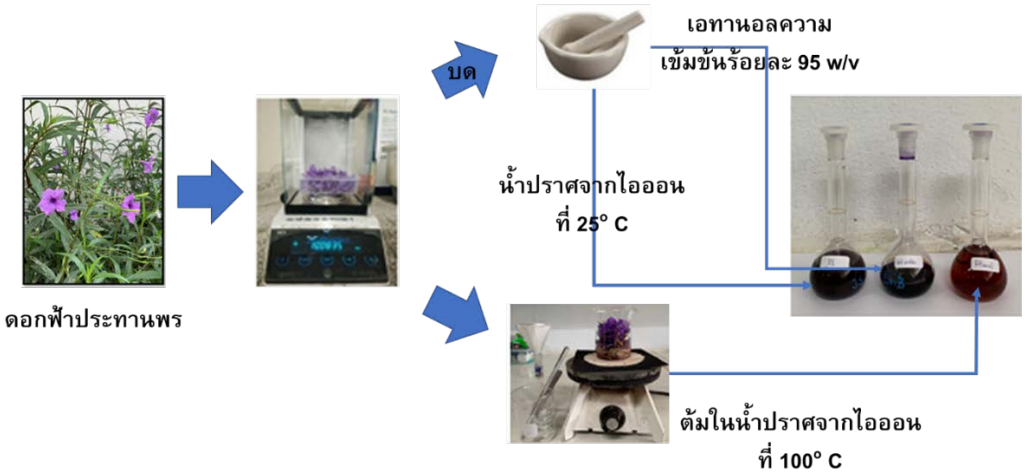
[*]E-mail: purim.j@ubu.ac.th



ภาพที่ S1 รูปแบบ μPAD ที่ออกแบบเพื่อ ก) นำไปทำสกรีนแม่แบบ และ ข) สกรีนแม่แบบที่พร้อมใช้งาน



แผนผัง S1 ขั้นตอนการสร้าง μPAD ด้วยเทคนิคการพิมพ์สกรีนด้วยไข (wax screen printing technique)

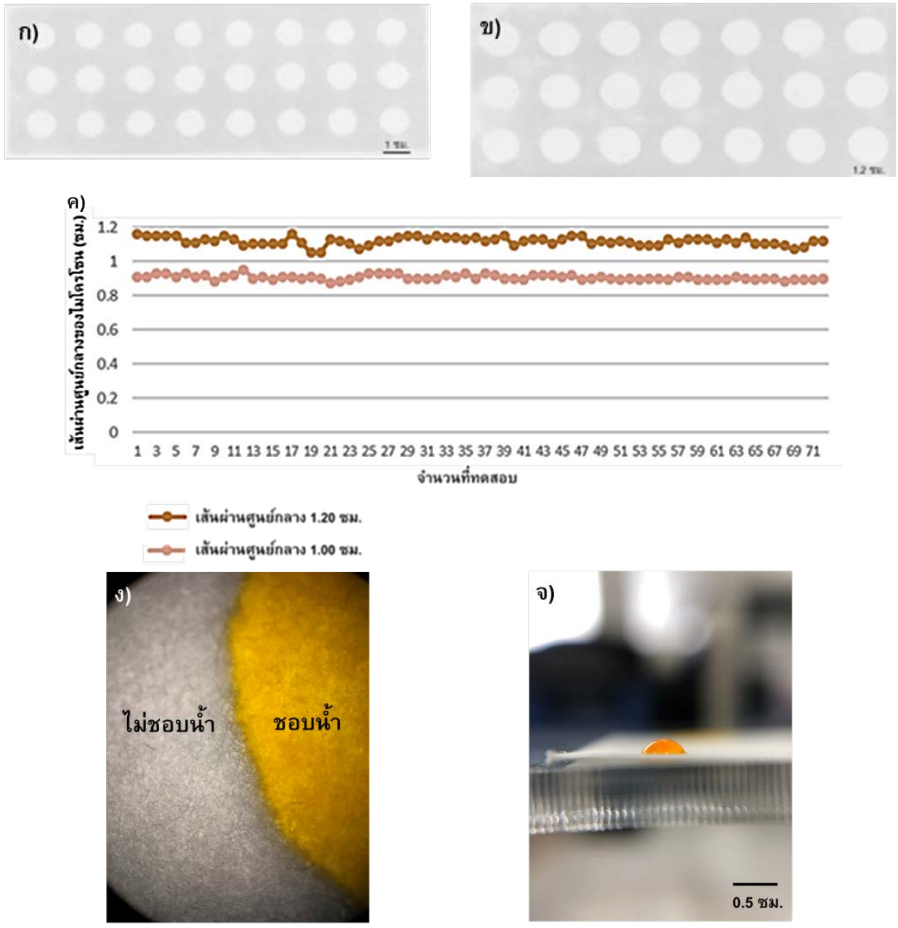


แผนผัง S2 ขั้นตอนการสกัดแอนโทไซยานินจากดอกฟ้าประทานพร

ตาราง S1 อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมบัฟเฟอร์ที่ค่าพีเอชต่าง ๆ

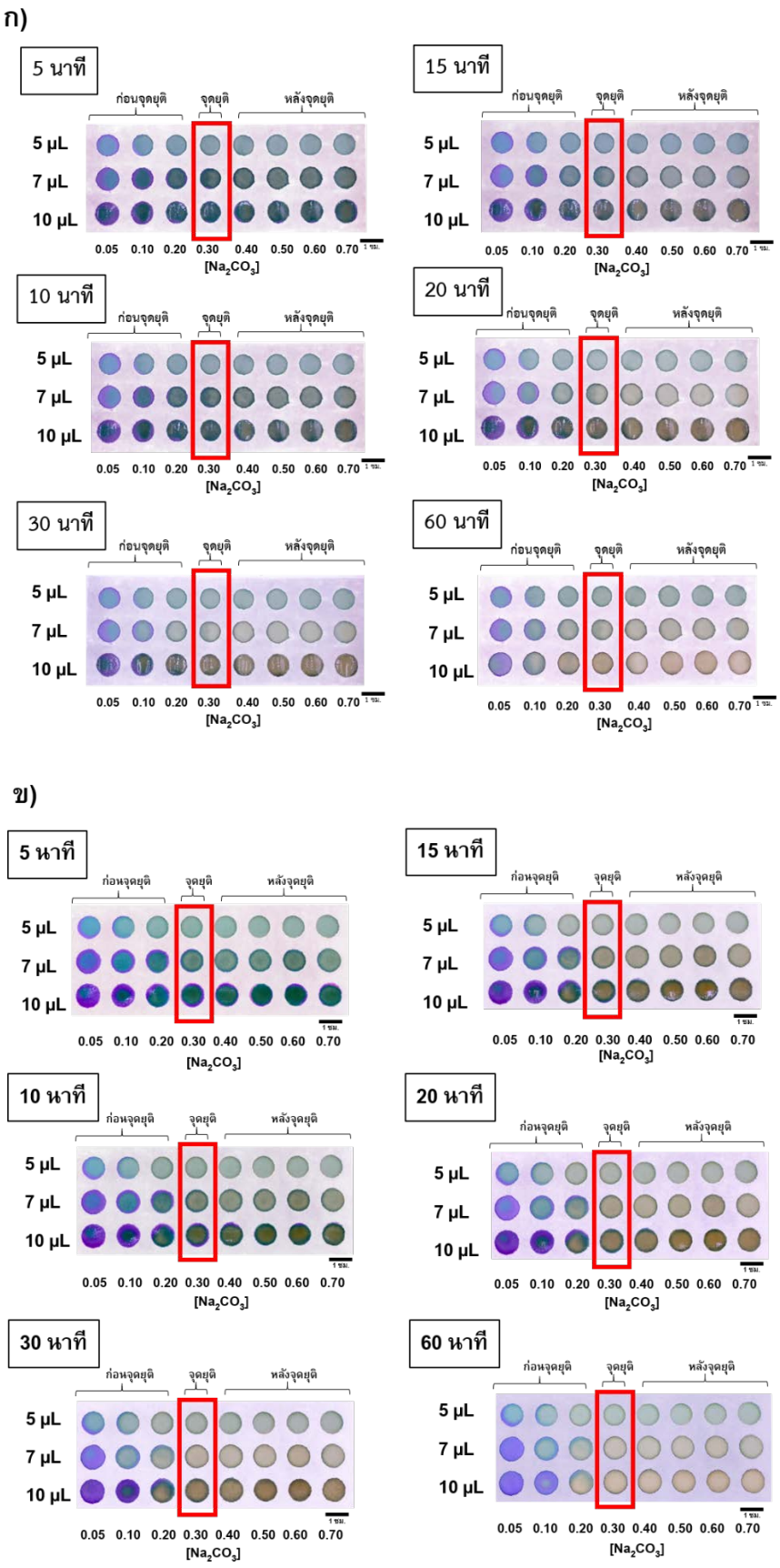
ค่าพีเอช	สารละลาย A			สารละลาย B		
	ชื่อสารเคมี	ความเข้มข้น (โมลต่อลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ชื่อสารเคมี	ความเข้มข้น (โมลต่อลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)
1	KCl	0.2	50	HCl	0.2	134
2	KCl	0.2	50	HCl	0.2	13
3	$C_8H_5KO_4$	0.1	100	HCl	0.1	44.6
4	$C_8H_5KO_4$	0.1	100	HCl	0.1	0.2
5	$C_8H_5KO_4$	0.1	100	NaOH	0.1	45.2
6	KH_2PO_4	0.1	100	NaOH	0.1	11.2
7	KH_2PO_4	0.1	100	NaOH	0.1	58.2
8	KH_2PO_4	0.1	100	NaOH	0.1	93.4
9	$C_4H_{11}NO_3$	0.1	100	HCl	0.1	11.4
10	$NaHCO_3$	0.05	100	NaOH	0.1	21.4
11	$NaHCO_3$	0.05	100	NaOH	0.1	45.4
12	KCl	0.2	50	NaOH	0.2	12

หมายเหตุ ผสมสารละลาย A และสารละลาย B ตามตารางแล้วปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

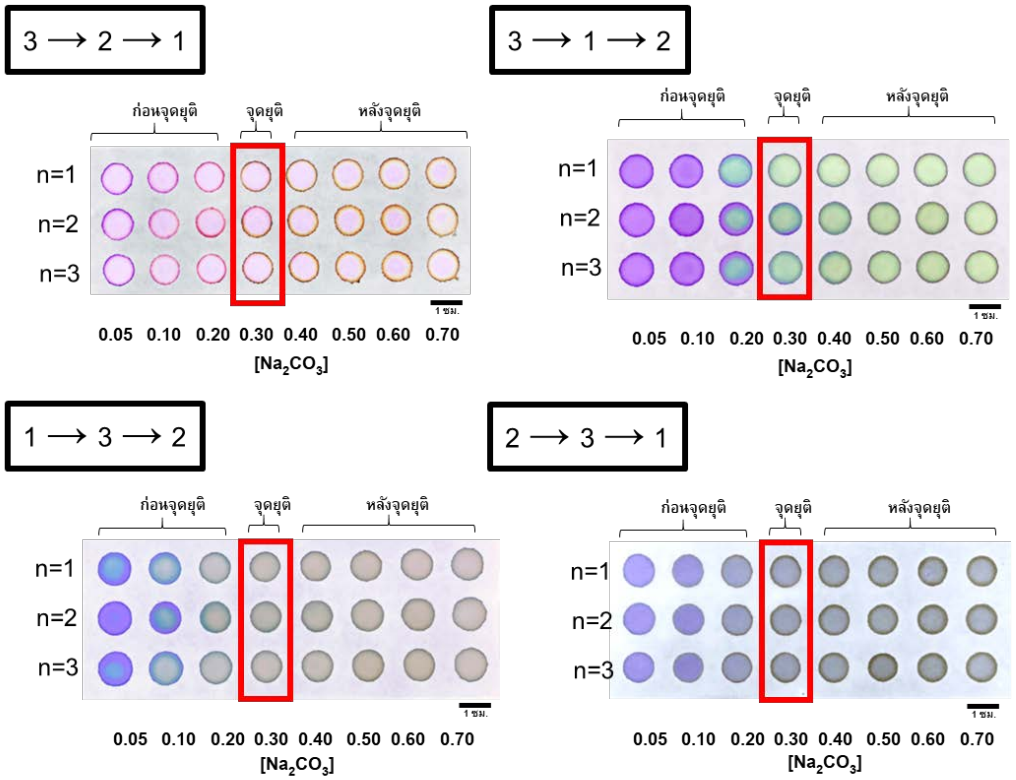


ภาพที่ S2 µPAD ที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิคการพิมพ์สกรีนด้วยไขที่มีช่องรองรับปฏิกิริยารูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ก) 1.00 และ ข) 1.20 เซนติเมตร ค) ผลการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ µPAD ที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิคการพิมพ์สกรีนด้วยไข จำนวน 72 ซ้ำ และ ง)–จ) ผลการทดสอบบริเวณชอบน้ำ–ไม่ชอบน้ำบน µPAD ที่สร้างขึ้น

ภาพที่ S3 การเปลี่ยนสีของยูนิเวอร์แซลที่พีเอช 1–12 ใน ก) ระบบสารละลาย ข) ระบบ μPAD ค) การเปลี่ยนสีของฟีนอล์ฟ-ทาลีน ในระบบสารละลาย และ ง) ระบบ μPAD



ภาพที่ S4 ผลการทดลองขนาดรูพรุนของกระดาษ ปริมาตรและเวลาที่เหมาะสมของกระดาษกรอง ก) เบอร์ 1 และ ข) เบอร์ 4



*1:กรด 2:เบส 3:อินดิเคเตอร์

ภาพที่ S5 ผลการทดลองลำดับการหยดสารรูปแบบต่าง ๆ

ตาราง S2 ค่าพีเอชจากการคำนวณและสีของสารละลายหลังการไทเทรตระหว่างสารตัวอย่างกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 0.30 โมลต่อลิตรกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.05–0.70 โมลต่อลิตร

ความเข้มข้นของ Na_2CO_3	ค่าพีเอชของสารละลายหลังการไทเทรต*	สีของสารละลายหลังการไทเทรต	สารกำหนดปริมาณ	สารปริมาณมากเกินพอ
0.05 M	0.90	ม่วงแดง	Na_2CO_3	HCl
0.10 M	1.00	ม่วงแดง	Na_2CO_3	HCl
0.20 M	1.30	ม่วงแดง	Na_2CO_3	HCl
0.30 M	8.34	เขียว	จุดสมมูล	จุดสมมูล
0.40 M	9.85	เขียว	HCl	Na_2CO_3
0.50 M	10.15	เขียว	HCl	Na_2CO_3
0.60 M	10.32	เขียว	HCl	Na_2CO_3
0.70 M	10.45	เขียว	HCl	Na_2CO_3

หมายเหตุ: *มาจากการคำนวณ

ตาราง S3 ค่าพีเอชจากการคำนวณและสีของสารละลายหลังการไทเทรตระหว่างสารตัวอย่างกรดอะซิติก (CH_3COOH) ความเข้มข้น 0.40 โมลต่อลิตรกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.05–0.70 โมลต่อลิตร

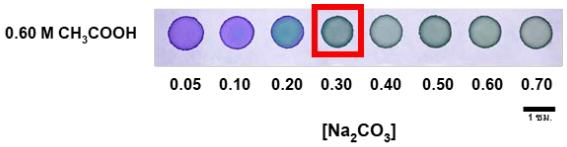
ความเข้มข้นของ Na_2CO_3	ค่าพีเอชของสารละลายหลังการไทเทรต*	สีของสารละลายหลังการไทเทรต	สารกำหนดปริมาณ	สารปริมาณมากเกินพอ
0.05 M	4.27	ม่วง	Na_2CO_3	CH_3COOH
0.10 M	4.74	ม่วง	Na_2CO_3	CH_3COOH
0.20 M	9.02	เขียว	จุดสมมูล	จุดสมมูล
0.30 M	11.01	เขียว	CH_3COOH	Na_2CO_3
0.40 M	11.66	เขียว	CH_3COOH	Na_2CO_3
0.50 M	11.75	เขียว	CH_3COOH	Na_2CO_3
0.60 M	11.81	เขียว	CH_3COOH	Na_2CO_3
0.70 M	11.86	เขียว	CH_3COOH	Na_2CO_3

หมายเหตุ: *มาจากการคำนวณ

ตาราง S4 ค่าพีเอชจากการคำนวณและสีของสารละลายหลังการไทเทรตระหว่างสารตัวอย่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.15 โมลต่อลิตร กับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) ที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.05–0.40 โมลต่อลิตร

ความเข้มข้นของ KHP	ค่าพีเอชของสารละลายหลังการไทเทรต*	สีของสารละลายหลังการไทเทรต	สารกำหนดปริมาณ	สารปริมาณมากเกินพอ
0.05 M	12.70	เขียว	KHP	NaOH
0.10 M	12.40	เขียว	KHP	NaOH
0.15 M	9.14	ม่วง	จุดสมมูล	จุดสมมูล
0.20 M	5.88	ม่วง	NaOH	KPH
0.25 M	5.58	ม่วง	NaOH	KPH
0.30 M	5.41	ม่วง	NaOH	KPH
0.35 M	5.29	ม่วง	NaOH	KPH
0.40 M	5.19	ม่วง	NaOH	KPH

หมายเหตุ: *มาจากการคำนวณ



ภาพที่ S6 การทดสอบความใช้ได้ของวิธีที่พัฒนาขึ้นโดยการไทเทรตกรดอะซิติกด้วยโซเดียมคาร์บอเนตบน μPAD โดยใช้อินดิเคเตอร์ที่ได้จากดอกฟ้าประทานพร

ตาราง S5 การไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของกรดแอซิติกด้วยวิธีไทเทรตแบบดั้งเดิม

การไทเทรต 0.30 M Na_2CO_3 ปริมาตร 5 cm^3 +	**การเปลี่ยนสีของสารละลายระหว่างการไทเทรต**
CH_3COOH ปริมาตร 0.00 cm^3 (เริ่มต้น)	
หยด ฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด	
CH_3COOH ปริมาตร 3.00 cm^3 (ก่อนถึงจุดยุติ)	
CH_3COOH ปริมาตร 4.00 cm^3 (ก่อนถึงจุดยุติ)	

ตาราง S5 การไทเทรตเพื่อหาความเข้มข้นของกรดแอซิติกด้วยวิธีไทเทรตแบบดั้งเดิม (ต่อ)

การไทเทรต 0.30 M Na_2CO_3 ปริมาตร 5 cm^3 +	**การเปลี่ยนสีของสารละลายระหว่างการไทเทรต**
CH_3COOH ปริมาตร 5.00 cm^3 (จุดยุติ)	
CH_3COOH ปริมาตร 6.00 cm^3 (หลังจุดยุติ)	
CH_3COOH ปริมาตร 7.00 cm^3 (หลังถึงจุดยุติ)	

การคำนวณความเข้มข้นของกรดแอซิติกจากสูตร

$$C_{Acid}V_{Acid} = \{a/b\}\ C_{Base}V_{Base}$$

C_{acid}, C_{base} คือ ความเข้มข้นเป็น M ของกรดและเบส ตามลำดับ

V_{acid}, V_{base} คือ ปริมาตรเป็น cm^3 ของกรดและเบส ตามลำดับ

a, b คือ จำนวนโมลของกรดและเบส ตามลำดับ

แทนค่า $CH_3COOH\ C_{acid}\ (5.00) = (2/1)(0.30)(5.00)\ Na_2CO_3$

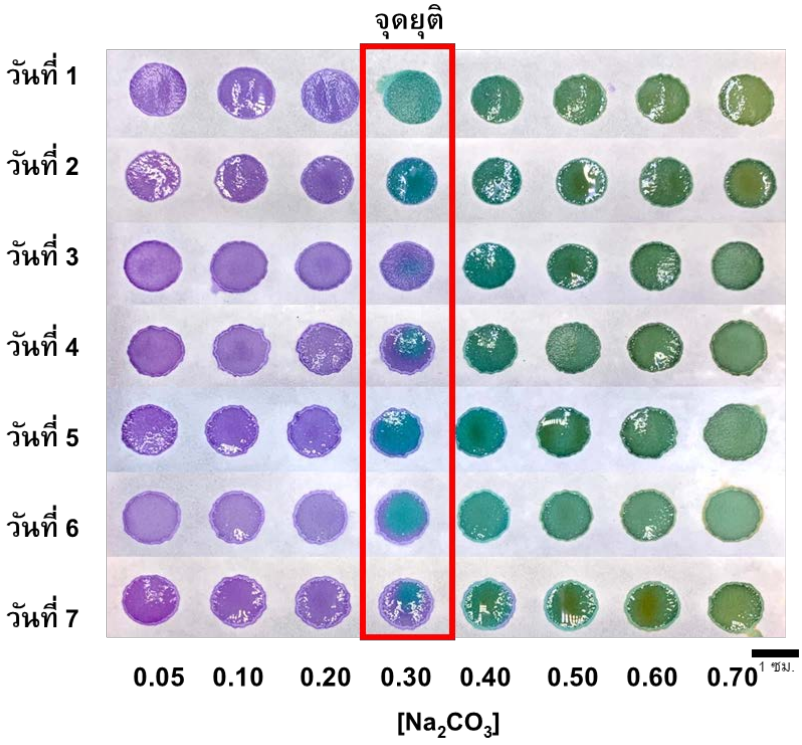
$C_1 = 0.60 \pm 0.00$ M

การคำนวณค่าค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error)

$$\% \text{ Relative error} = (\text{ค่าที่ได้} - \text{ค่าจริง})/\text{ค่าจริง} \times 100$$

$$= (0.60 - 0.60)/0.60 \times 100$$

$$= 0.00$$



ภาพที่ S7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของดอกฟ้าประทานพรในการเป็นอินดิเคเตอร์โดยการเก็บไว้เป็นระยะเวลา 1–7 วัน ก่อนการใช้งานในตู้เย็น