ผลกระทบของแอนไอออนที่ปนเปื้อนในน้ำต่อการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก

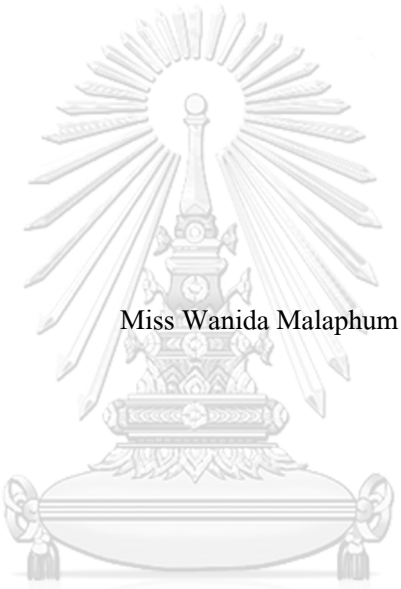
น.ส.วนิดา มลาภูมิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF CONTAMINATED ANION IN WETER ON THE SYNTHESIS OF PERFORMIC ACID

Miss Wanida Malaphum



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของแอนไอออนที่ปนเปื้อนในน้ำต่อการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก
โดย	น.ส.วนิดา มลาภูมิ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ธราธร มงคลศรี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยพัทธา สร้อยสุวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราธร มงคลศรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยพัทธา สร้อยสุวรรณ)

..... กรรมการ
(ดร.กริชชาติ ว่องไวลิขิต)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ธงชัย กลิ่นหรั่น)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วนิดา มลาภูมิ : ผลกระทบของแอนไอออนที่ปนเปื้อนในน้ำต่อการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก. (EFFECT OF CONTAMINATED ANION IN WETER ON THE SYNTHESIS OF PERFORMIC ACID) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.ธราธร มงคลศรี, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.สร้อยพัทธา สร้อยสุวรรณ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของแอนไอออนที่มีต่อการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิก แอนไอออนที่ทำการศึกษาได้แก่ คลอไรด์, ซัลเฟต, ไบคาร์บอเนต, คาร์บอเนต และไนไตรท์ (ในรูปของเกลือโซเดียม) การเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิกทำโดยการผสม น้ำกลั่น, กรดเปอร์ฟอร์มิก, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารละลายของแอนไอออน ในขวดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่อุณหภูมิห้อง ติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิก, กรดฟอร์มิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแตสเซียมเปอร์แมงการเนตตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไฮดรอกไซด์, คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต เร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดเปอร์ฟอร์มิกอย่างรุนแรงตั้งแต่ชั่วโมงแรกหลังการผสม คลอไรด์และไนไทรต์ทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง ในขณะที่ซัลเฟตสามารถเพิ่มการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลายกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เตรียมขึ้นควรใช้ภายใน ๑๒ ชั่วโมงหลังผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

6470404021 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORD: Peroxyformic acid hydroger peroxide

Wanida Malaphum : EFFECT OF CONTAMINATED ANION IN WETER ON THE SYNTHESIS OF PERFORMIC ACID . Advisor: Assoc. Prof. THARATHON MONGKHONSI Co-advisor: Assoc. Prof. Soipatta Soisuwan

This research investigates the effects of anions on the preparation of performic acid. The investigated anions were chloride, sulphate, bicarbonate, carbonate, and nitrite (in form of sodium salts). The preparation of performic acid was carried out by mixing, distilled water, formic acid, hydrogen peroxide, and a salt solution in a highe density polyethylene bottle at room temperature. The monitoring of performic acid, formic acid, and hydrogen peroxide concentrations were performed by titration with standard sodium hydroxide and potassium permanganate solutions, respectively. The experimental results showed that hydroxide, carbonate, and bicarbonate severely accelerated the decomposition of hydrogen peroxide and performic acid since the first hour after mixing. Chloride and nitrite also promoted the decomposition of hydrogen peroxide in the first few hours after mixing. Meanwhile, sulphate promotes the formation of perfomic acid. In addtion, it is found that the prepared performic acid solution should be used with in 12 hours after preparation.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Chemical Engineering	Student's Signature .....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา กิจกรรมต่าง ๆ และให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิต อีกทั้งกำลังที่มีให้ข้าพเจ้าเสมอมา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับการช่วยเหลือและคำชี้แนะแนวทางแก้ปัญหาจาก รองศาสตร์จารย์ ดร.ธราธร มงคลศรี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ตลอดจนให้ความรู้ในด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากด้านวิชาการ รองศาสตราจารย์ ดร. สร้อยพัทธา สร้อยสุวรรณ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาร่วมคอยให้คำแนะนำ และ นายวรรณดารา อินทรปัญญา นายณพวัสส์ธัมพิพิธ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่คอยให้ ความรู้และความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร เป็นประธานในการสอบ อาจารย์ ดร.กริชชาติ ว่องไวลิขิตเป็นกรรมการในการสอบ และอาจารย์ ดร.ธงชัย กลิ่นหรั่น เป็นกรรมการภายนอก ที่ได้ให้คำแนะนำและคำชี้แนะเกี่ยวกับแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์เพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายข้าพเจ้าขอบคุณเพื่อน ๆ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

วนิดา มลาภูมิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

.....ค

บทคัดย่อภาษาไทย .....ค

.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญ .....ฉ

สารบัญตาราง .....ฌ

สารบัญรูปภาพ .....ฎ

บทที่ 1 1

บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ของเขตของงานวิจัย.....3

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ที่จะนำเสนอ 4

บทที่ 2 5

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 กรดเปอร์ฟอร์มิก 5

2.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 6

2.3 กรดฟอร์มิก (HCOOH).....7

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

2.5 สรุปการทบทวนวรรณกรรม 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3 14
วิธีการทดลอง 14
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 14
3.2 การเตรียมสารละลายกรดและการเตรียมตัวอย่าง 14
3.2.1 การเตรียมสารละลายแอนไอออน 14
3.2.2 การเตรียมตัวอย่างกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ไม่มีสารละลายกรด 15
3.2.3 การเตรียมตัวอย่างกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีสารละลายแอนไอออน 15
3.3 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารสะลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$).15
3.4 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH).....16
3.4.1 การเตรียมสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 16
3.4.2 การหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....16
3.5 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการไทเทรต (Titration).....17
3.6 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยด้วยเครื่อง Desktop pH meter ของ METTLER TOLEDO รุ่น Seven compact S220.....18
3.7 การหาปริมาณตัวอย่าง (กรดฟอร์มิก กรดเปอร์ฟอร์มิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์).19
3.7.1 การหาปริมาณกรดฟอร์มิก 19
3.7.2 หาปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิก.....20
3.7.3 หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 20
บทที่ 4 22
ผลการทดลอง 22
4.1ผลจากการศึกษาสารละลายแอนไอออนที่มีต่อการสังเคราะห์กรดเพอร์ฟอร์มิกอัตราส่วนโดยโมล 1:1.5 (กรดฟอร์มิก : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์) 23
4.1.1 น้ำกลั่น (blank).....23
4.1.2 สารละลายแอนไอออนโซเดียมไฮดรอกไซด์ 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.3 สารละลายแอนไอออนโซเดียมคาร์บอเนต 37
4.1.4 สารละลายแอนไอออนโซเดียมไบคาร์บอเนต.....48
4.1.5 สารละลายแอนไอออนโซเดียมไนไตรท์ $NaNO_2$ 59
4.1.6 สารละลายแอนไอออนโซเดียมคลอไรด์ NaCl.....70
บทที่ 5 104
สรุปผลการทดลอง.....104
5.1 สรุปผลการทดลอง 104
5.2 ข้อเสนอแนะ.....105
ภาคผนวก 106
ภาคผนวก ก 107
การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 107
ภาคผนวก ข 109
การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 109
ภาคผนวก ค 110
ภาคผนวก ง.....112
การหาจุดสมมูลจากกราฟการไทเทรต.....112
ภาคผนวก จ 115
การหาตำแหน่งของจุดสมมูลของกราฟการไทเทรตด้วยโปรแกรม fityk 115
บรรณานุกรม 2
ประวัติผู้เขียน 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อน้ำกลั่น (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.1 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - 8 ในภาพที่ 4.2 25

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.3 และ 4.4 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.3 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.4 28

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.5 และ 4.6 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.5 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.6 31

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.7ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.7ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.7ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8 ในภาพที่ 4.7ง (%wt).....35

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.8 และ 4.9 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.8 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.9 39

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.10 และ 4.11 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.9 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.10 42

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนตปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.12 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 ในภาพที่ 4.12ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.12 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.12ง (%wt).....46

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.13 และ 4.14 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.13 วันที่ 0 – 8 ในภาพที่ 4.14.....50

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.15 และ 4.16 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.15 วันที่ 0 – 8 ในภาพที่ 4.16.....53

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนตปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.17 ก (ข) ความเข้มข้นกรด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.17 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.17ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.17ง (%wt).....57

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.18 และ 4.19 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.18 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.19 61

ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.20 และ 4.11 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.20 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.21 64

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมไนไตร์ทปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.22ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.22ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.22ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8 ในภาพที่ 4.22ง (%wt).....68

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.9 และ 4.10 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.9 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.10 72

ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.25 และ 4.26 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.25 วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.26 75

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้โซเดียมคลอไรด์(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.27ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.27ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.27ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.27ง (%wt).....79

ตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.28 และ 4.29 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.28 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.29 83

ตารางที่ 4.18 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.30 และ 4.31ดยใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.30 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.31 86

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.32ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.32ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.32ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.32ง (%wt).....90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 93

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.02 ml.....94

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.02 ml.....95

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดทั้งหมด โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.02 ml.....97

ตารางที่ 4.26 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกโดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.1 ml 98

ตารางที่ 4.25 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.1 ml.....100

ตารางที่ 4.27 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกโดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.01 ml 101

ตารางที่ 4.24 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดทั้งหมด โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.1 ml.....103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้น้ำกลั่นในวันที่ 0 24

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้น้ำกลั่นในวันที่ 0-8.....24

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml.ในวันที่ 0 27

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml.ในวันที่ 0-8.....27

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml.วันที่ 0.....30

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml.ในวันที่ 0-8.....30

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....34

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml. วันที่ 0.....38

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml. วันที่ 0-8.....38

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml. วันที่ 0.....41

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml. วันที่ 0-8.....41

รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8.....45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml วันที่ 0.....49

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml วันที่ 0-8 49

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 mlในวันที่ 0 52

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 mlในวันที่ 0-8.....52

(ง) รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8.....56

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml. ในวันที่ 0 60

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml. วันที่ 0-8.....60

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.1 ml. ในวันที่ 0 63

รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.1 ml.63

รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมไนไตรท์.....67

รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ วันที่ 0.....71

รูปที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ วันที่ 0-8 71

รูปที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml วันที่ 0 74

รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml วันที่ 0-8 ...74

รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์.....78

รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.02 ml วันที่ 0.....82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.02 ml ในวันที่ 0-8 82
รูปที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.1 ml ในวันที่ 0 85
รูปที่ 4.31 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.1 ml ในวันที่ 0-8 .85
รูปที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟต.....89
รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดฟอร์มิกของแอนไอออน 0.02 ml.....92
รูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของแอนไอออน 0.02 ml.....93
รูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.02 ml วันที่ 0 .95
รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.02 ml วันที่ 0.....96
รูปที่ 4.39 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดฟอร์มิกของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml.....98
รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml 100
รูปที่ 4.40 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml.....101
รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml วันที่ 0.....102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

กรดเปอร์ฟอร์มิก (Performic acid หรือ PFA) หรือ กรดเปอร์ออกซีฟอร์มิก (Peroxyformic acid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและจัดอยู่ในตระกูลของกรดเปอร์ออกซีคาร์บอกซิลิก (RCOOOH) มีสูตรโมเลกุลคือ HC(O)OOH [1] กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงเป็นตัวเลือกที่ดีในอุตสาหกรรม การนำกรดเปอร์ฟอร์มิกไปใช้งานมีหลากหลาย เช่นการนำกรดเปอร์ฟอร์มิกไปใช้ในการฟอกสีและการฆ่าเชื้อสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ความสามารถในการออกซิไดซ์ที่รุนแรงทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารฆ่าเชื้อที่ทรงพลัง [2] เมื่อเปรียบเทียบกับสารออกซิไดซ์อื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดเปอร์ออกซีอะซิติก กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารออกซิไดเซอร์ที่รุนแรงกว่ามาก ทำให้เป็นตัวเลือกยอดนิยมสำหรับงานอุตสาหกรรมที่ต้องการตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง [3] นอกจากนี้กรดเปอร์ฟอร์มิกยังเป็นสาร Epoxidizing สำหรับปฏิกิริยา Epoxidation ของน้ำมันไม่อิ่มตัว Epoxidation ของน้ำมันพืช [4]

โดยทั่วไปการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นเตรียมได้โดยผสมกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถเตรียมได้ทั้งในกรณีที่ไม่มีหรือมีปริมาณกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น H_3PO_4 หรือ H_2SO_4 [5] และเนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่เสถียร[6]ในทางปฏิบัติของการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิกจึงต้องอยู่ในรูปของสารละลายร่วมกับน้ำ ดังนั้นการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกจึงต้องมีน้ำร่วมเสมอ โดยปริมาณน้ำในสารละลายสุดท้ายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการเตรียม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดฟอร์มิกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นคายความร้อนสูงโดยมี Heat of reaction (ΔH) คือ - 55.50 กิโลแคลอรี/โมล และได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกกับน้ำ

ปฏิกิริยานี้เรียกว่า "Per-hydrolysis" ดังแสดงในสมการที่ 1.1 [7]

$$HCOOH + H_2O_2 \leftrightarrow HCOOOH + H_2O \quad (1.1)$$

จากปฏิกิริยาตามสมการที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินเข้าสู่สมดุลของสารละลายเกิดขึ้นเร็วมาก อย่างไรก็ตามกรดเปอร์ฟอร์มิกมีความไม่เสถียรสูงและสามารถสลายตัวได้แม้ในอุณหภูมิห้องเมื่อสัมผัสกับสิ่งเจือปน เช่น โลหะ หรือ แอนไอออน เนื่องด้วยเหตุผลข้างต้นที่กล่าวมานั้นกรดเปอร์

ฟอร์มิกจึงมักจะถูกเตรียมทันทีก่อนใช้งาน หรือต้องใช้ภายในประมาณ 12 ชั่วโมงหลังจากสังเคราะห์

เมื่อเกิดการก่อตัวขึ้นแล้ว กรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถสลายตัวได้ด้วย 3 วิถีทางต่อไปนี้ [8]

การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสารละลายสูงกว่าอุณหภูมิห้อง (สูงกว่า 40 °C) กรดเปอร์ฟอร์มิกจะเริ่มสลายตัวอย่างรวดเร็วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้สูญเสียความเข้มข้นรวมทั้งหมดของกรดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก ปฏิกิริยาการสลายตัวในวิถีทางที่ 1 จะแสดงด้วยสมการที่ 1.2

$$HCOOOH \longrightarrow CO_2 + H_2O \qquad (1.2)$$

การสลายตัวเมื่อกรดเปอร์ฟอร์มิกสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และผันกลับสมการการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก โดยทั่วไปแล้วปฏิกิริยานี้จะช้ากว่าการสลายตัวด้วยความร้อนของกรดเปอร์ฟอร์มิก (วิถีทางที่ 1) แต่ยังสามารถเกิดขึ้นได้ การ Hydrolysis ของกรดเปอร์ฟอร์มิกทำให้เกิดกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ วิถีทางที่ 2 จะแสดงด้วยสมการที่ 1.3 :

$$HCOOH + H_2O_2 \leftrightarrow HCOOOH + H_2O \qquad (1.3)$$

และสุดท้ายการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกไปเป็นออกซิเจนอะตอมและกรดฟอร์มิก จึงทำให้เกิดการสูญเสียความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมด แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นทั้งหมดและกรดฟอร์มิกที่เป็นผลิตภัณฑ์ในสมการที่ 1.4 ยังสามารถกลับไปเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกได้อีกครั้งหากมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในสารผสม วิถีทางที่ 3 แสดงด้วยสมการที่ 1.4 :

$$2HCOOOH \longrightarrow 2HCOOH + O_2 \qquad (1.4)$$

นอกจากนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังสามารถสลายตัวเป็นออกซิเจนและน้ำได้พร้อมกัน ซึ่งทำให้สูญเสียไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จากสารละลาย แสดงด้วยสมการ 1.5

$$2H_2O_2 \leftrightarrow 2H_2O + O_2 \qquad (1.5)$$

ปฏิกิริยานี้คายความร้อนสูง 2,885 kJ/kg [9] ดังนั้นความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยานี้สามารถทำให้น้ำที่อยู่ในสารผสมเดือดเป็นไอได้ ส่งผลให้ความดันในภาชนะเพิ่มขึ้นจนอาจนำไปสู่อันตรายต่างๆได้

เช่น การระเบิดจากภาชนะและเพลิงไหม้ได้ หรืออาจเกิดจากการปนเปื้อนจากสารที่เป็นเบสจนนำไปสู่การระเบิดได้ โดยการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิ, แสง , การปนเปื้อนแคทไอออนของโลหะทรานซิชั่น [10] เช่น เหล็ก, ทองแดง หรือการปนเปื้อนของแอนไอออน เช่น คลอไรด์ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของแอนไอออนที่อาจปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งน้ำถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิกอย่างยิ่ง น้ำในแต่ละพื้นที่มีคุณสมบัติและองค์ประกอบของแอนไอออนที่แตกต่างกัน แอนไอออนต่างๆอาจส่งผลต่อการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกหรือเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และทำให้เกิดอันตรายได้ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาชนิดของแอนไอออนแต่ละชนิดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยจะทำการศึกษาแอนไอออนที่อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมทั้งหมด 6 ชนิดได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl),โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4), โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$), โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3),โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ซึ่งทราบกันดีว่าเป็นแอนไอออนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำประปาและน้ำอุตสาหกรรม ดังนั้นการศึกษาผลกระทบของแอนไอออนในน้ำที่เกิดขึ้น จะเป็นการช่วยลดขั้นตอนในการกำจัดสารปนเปื้อนแอนไอออนในน้ำและที่สำคัญลดความเป็นอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกตามที่ได้กล่าวไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาผลกระทบของแอนไอออนที่ปนเปื้อนในน้ำที่ต่อความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 ของเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยขอบเขตงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 %w/w (Food grade) และกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 99 %w/w (AR grade) เติมน้ำกลั่น 30 ml ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก
2. ชนิดของแอนไอออนที่นำมาทดสอบ ได้แก่ NaCl, Na_2SO_4, $NaHCO_3$, Na_2CO_3, NaOH, $NaNO_2$ ความเข้มข้น 0.1 N ปริมาตรในช่วง 0.02 - 1 ml.
3. วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในปฏิกิริยาด้วยเครื่อง pH meter ของ METTLER TOLEDO รุ่น Seven compact S220 หลังหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

4. วิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาโดยการไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนส ($KMnO_4$) ความเข้มข้นประมาณ 0.028 M
5. จัดเก็บสารละลายกรดเปอร์ฟอร์มิกในภาชนะบรรจุ HDPE

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ที่จะนำเสนอ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา รวมถึงขอบเขตและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีและข้อมูลจากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

บทที่ 3 วิธีการทดลอง กล่าวถึงวิธีการทำการทดลองทั้งหมดตั้งแต่การเตรียมสาร วิธีการเก็บผลการทดลอง และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 4 อภิปรายผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองในบทที่ 4

ภาคผนวก แสดงข้อมูลต่างๆจากการทดลอง ผลการคำนวณและกราฟจากการหาจุดสมมูลซึ่งละไว้ในเนื้อหาหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรดเปอร์ฟอร์มิก

กรดเปอร์ฟอร์มิก (PFA) กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่เสถียร มีลักษณะเป็นของเหลว ไม่มีสีไม่เป็นพิษ แต่สามารถก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ดวงตา และเยื่อเมือก จัดอยู่ในหมวดหมู่ของกรดเปอร์คาร์บอกซิลิก ซึ่งเป็นกรดที่มีหมู่ -OOH เป็นสารฆ่าเชื้ออุปกรณ์ในอุตสาหกรรมเคมี การแพทย์ อุตสาหกรรมอาหาร และมีการใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในการบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพในการต่อต้านไวรัส สปอร์ของแบคทีเรีย สาหร่าย เชื้อราขนาดเล็ก และเชื้อมัยโคแบคทีเรีย รวมถึงจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น แพลงก์ตอนสัตว์และใช้เป็นสารฟอกขาวในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กระดาษ สิ่งทอ โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 62.024 g/mol จุดเดือดที่ 50°C จุดหลอมเหลว -18°C และ pKa เท่ากับ 7.1 เนื่องจากกรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารฆ่าเชื้อที่มีต้นกำเนิดจากธรรมชาติที่ปลอดภัยต่อผลิตภัณฑ์และไม่มีสารตกค้างที่เป็นอันตราย [11] กรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถเตรียมได้จากการผสมกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดังสมการที่ 2.1

$$HCOOH + H_2O_2 \leftrightarrow HCOOOH + H_2O \qquad (2.1)$$

กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารออกซิไดซ์ที่ทรงพลังซึ่งสามารถสลายตัวได้ง่ายแม้ในอุณหภูมิห้อง การสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถเกิดขึ้นได้ 3 วิถีทาง [8] คือ การสลายตัวด้วยความร้อน,การ Hydrolysis และการสลายตัวเป็นออกซิเจนอะตอม การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสารละลายสูงกว่า 40 °C กรดเปอร์ฟอร์มิกจะเริ่มสลายตัวอย่างรวดเร็ว ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ได้ ปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนจะแสดงด้วยสมการที่ 2.2

$$HCOOOH \longrightarrow CO_2 + H_2O \qquad (2.2)$$

การไฮโดรไลซิสของกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นเมื่อกรดสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นและจะเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยทั่วไปแล้วปฏิกิริยานี้จะช้ากว่าการสลายตัวด้วยความร้อนของกรดเปอร์ฟอร์มิก แต่ก็ยังสามารถเกิดขึ้นได้ การ Hydrolysis ของกรดเปอร์ฟอร์มิกทำให้เกิดกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยาจะแสดงด้วยสมการที่ 2.3

$$HCOOOH + H_2O \longrightarrow HCOOH + H_2O_2 \qquad (2.3)$$

นอกจากนี้เองกรดเปอร์ฟอร์มิกยังสามารถสลายตัวไปเป็นออกซิเจนอะตอมและกรดฟอร์มิก โดยกรดฟอร์มิกที่เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยานี้จะสามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเกิดเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกได้อีก ปฏิกิริยาการสลายตัวนี้แสดงดังสมการที่ 2.4

$$2HCOOOH \rightarrow 2HCOOH + O \quad (2.4)$$

การสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นกระบวนการคายความร้อนที่ปล่อยพลังงานจำนวนมากออกมา หากไม่ได้รับการควบคุมอย่างเหมาะสม การสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกอาจนำไปสู่การเกิดไฟไหม้ การระเบิดหรือสถานการณ์อันตรายอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องจัดการกับกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยความระมัดระวังและปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยที่เหมาะสมเมื่อทำงานกับกรดเปอรฟอร์มิก [3] อาจทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้หากไม่ได้รับการควบคุมอย่างเหมาะสม เนื่องจากกรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถระเบิดด้วยการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 80-85°C นอกจากนี้อาจจะติดไฟหรือระเบิดได้ที่อุณหภูมิห้องเมื่อมีการรวมกับสารไวไฟ เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์เบนซาลดีไฮด์และจะระเบิดอย่างรุนแรงเมื่อรวมกับผงโลหะ แม้จะเป็นที่อุณหภูมิห้อง

2.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogenperoxide : H_2O_2) เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (หนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยไฮโดรเจนหนึ่งอะตอมและออกซิเจนสองอะตอม โดยออกซิเจนสองอะตอมเชื่อมกันด้วยพันธะเดี่ยว) มีลักษณะเป็นของเหลวใสที่ไม่คงตัว หนืดกว่าน้ำเล็กน้อย ไม่มีสีที่อุณหภูมิห้อง มีรสขม ฉุนเล็กน้อย โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 34.0147 g/mol จุดเดือดที่ 105.2°C จุดหลอมเหลวที่ -0.43°C และ pKa เท่ากับ 11.75 มีการใช้งานที่หลากหลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ สารฟอกสี ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มักถูกใช้เป็นสารฟอกขาวสำหรับกระดาษ สิ่งทอ และเส้นผม [12] สารฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถใช้เป็นสารฆ่าเชื้อสำหรับพื้นผิว อุปกรณ์และระบบน้ำ สำหรับกระบวนการทางเคมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถใช้เป็นตัวออกซิไดซ์ในปฏิกิริยาเคมี เช่น ในการผลิตอิพอกไซด์ โพรพิลีนออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ การฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อบำบัดดินและน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนได้โดยการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ การแปรรูปอาหารและเครื่องดื่มไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม การใช้งานทางการแพทย์และทันตกรรมไฮโดรเจน

เปอร์ออกไซด์ สามารถใช้เป็นยาฆ่าเชื้อและน้ำยาฆ่าเชื้อในทางการแพทย์และทันตกรรม จรวดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงขับเคลื่อนในเครื่องยนต์จรวด

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) สามารถสลายตัวได้ภายใต้สภาวะบางอย่าง รวมถึงความร้อน แสง และการสัมผัสกับสารบางชนิด เช่น โลหะ ตัวเร่งปฏิกิริยา หรือสารอินทรีย์ [13] การสลายตัวของ H_2O_2 คือการสลายพันธะ H-O-O เพื่อเกิดเป็นน้ำ (H_2O) และออกซิเจน (O_2) ดังสมการที่ 2.5 [14]

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2 \qquad (2.5)$$

การสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

Heterogeneous decomposition การสลายตัวประเภทนี้เกิดขึ้นในระบบสองเฟส โดยทั่วไปจะเป็นแก๊สและของแข็ง โดยที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์อยู่ในเฟสต่างกัน ตัวอย่างเช่น การสลายตัวของ H_2O_2 บนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็ง เช่น แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) เกี่ยวข้องกับการดูดซับโมเลกุลของ H_2O_2 บนพื้นผิวของของแข็ง การสลายตัวนี้เป็นไปตามปฏิกิริยา 2.5 ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำและออกซิเจน [15]

Homogeneous decomposition การสลายตัวประเภทนี้เกิดขึ้นในระบบเฟสเดียว โดยทั่วไปจะเป็นของเหลว โดยที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอยู่ในเฟสเดียวกัน การสลายตัวถูกเร่งด้วยความร้อน แสง หรือตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ไอออนของโลหะทรานซิชัน [16]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การสลายตัวของ H_2O_2 อาจเป็นอันตรายได้หากไม่ได้รับการควบคุมอย่างเหมาะสม การคายความร้อนของปฏิกิริยาการสลายตัวอาจทำให้เกิดไฟไหม้หรือการระเบิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากความเข้มข้นของ H_2O_2 สูงหรือหากปฏิกิริยาถูกเร่งโดยตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องจัดเก็บ และปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยที่เหมาะสมเมื่อใช้งาน

2.3 กรดฟอร์มิก (HCOOH)

กรดฟอร์มิก (Formic acid) หรือที่เรียกว่ากรดเมทาโนอิกตามระบบไอยูแพ็กเป็นของเหลวไม่มีสีมีกลิ่นฉุน มีน้ำหนักโมเลกุล 46.0254 g/mol จุดเดือดที่ 100.6°C จุดหลอมเหลวที่ 8.4°C และ pKa เท่ากับ 3.744 นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ สามารถผลิตได้ผ่านหลายกระบวนการ รวมทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเมทานอลหรือฟอร์มาลดีไฮด์ หรือการไฮโดรไลซิสของเมทิลฟอร์เมต [17]

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเมทานอลเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตกรดฟอร์มิกทางอุตสาหกรรม กระบวนการนี้โดยทั่วไปมักมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แพลทินัม [18] แพลเลเดียม หรือทองแดง เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเมทานอลสามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ 2.6 [19] :

$$CH_3OH + O_2 \longrightarrow HCOOH + H_2O \qquad (2.6)$$

ปฏิกิริยานี้เป็นการเติมออกซิเจนในโมเลกุลของเมทานอล ทำให้เกิดกรดฟอร์มิกและน้ำ ปฏิกิริยาสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิและความดันสูงเพื่อเพิ่มอัตราการเกิดกรดฟอร์มิก [20]

อีกวิธีหนึ่งในการผลิตกรดฟอร์มิกคือการเกิดออกซิเดชันของฟอร์มัลดีไฮด์ โดยทั่วไปกระบวนการนี้มักมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น เงินหรือทองแดง ทองแดง เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาออกซิเดชันของฟอร์มัลดีไฮด์ในปฏิกิริยานี้ ฟอร์มาลดีไฮด์จะถูกออกซิไดซ์เป็นกรดฟอร์มิกโดยการเติมออกซิเจน [21] สามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ 2.7

$$CH_2O + O_2 \longrightarrow HCOOH \qquad (2.7)$$

การสลายตัวของกรดฟอร์มิกได้เป็นคาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน โดยที่เมื่อมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้น กรดฟอร์มิกสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยการดีไฮเดรชันได้เป็นคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ ดังสมการที่ 2.8 และอีกทางคือเมื่อมีแพลทินัม มันจะสลายตัวด้วยการปล่อยไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการที่ 2.9 และสำหรับการเก็บต้องเก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด อากาศเย็นและแห้ง มีการระบายอากาศในระดับพื้น นอกจากนี้ควรเก็บให้ห่างจากเปลวไฟ ความร้อน แหล่งจุดติดไฟอื่นๆ สารออกซิไดซ์ และกรดแก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$HCO_2H \longrightarrow CO + H_2O \qquad (2.8)$$

$$HCO_2H \longrightarrow CO_2 + H_2 \qquad (2.9)$$

เนื่องจากกรดฟอร์มิกมีฤทธิ์กัดกร่อน จะเกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือก และอาจทำให้เกิดอาการแพ้อย่างรุนแรง บวมและแดงที่ผิวหนัง [14]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

HEINONEN-TANSKI และคณะ [2] ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการฆ่าเชื้อของกรดเปอร์อะซิติกและกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยกรดเปอร์ฟอร์มิกถูกผสมที่อุณหภูมิ 2.5 องศาเซลเซียส เพื่อให้ทดสอบว่าสามารถใช้กรดอะซิติคและกรดเปอร์ฟอร์มิกในอุตสาหกรรมอาหารได้หรือไม่

สารละลายกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ถูกเตรียมโดยการผสมกรดฟอร์มิกที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้น้ำเย็นในปริมาตรที่เท่ากัน และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้นสุดท้ายของกรดเปอร์ฟอร์มิกคือ 1.2 %w/v and 1.4%w/v.ในขวดแก้วใหม่และเก็บไว้ในน้ำแข็ง ก่อนทำปฏิกิริยาการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิกถูกกวนผสมด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 17-18 ชั่วโมงก่อนการทดลองแต่ละครั้ง ในการหาค่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกและความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ถูกวัดโดยการไทเทรตด้วย iodometric thiosulphate และ เซริกซัลเฟต จากนั้นนำกรดเปอร์ฟอร์มิกมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงก่อนการทดลองเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของสารละลายกรดเปอร์ฟอร์มิกสุดท้ายเป็น 0.01 - 40 มก./ลิตร มีการใช้ขวดล้างด้วยกรดและปิเปตแก้วแบบเดียวกันตลอดการศึกษา ผลการศึกษาพบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกและกรดเปอร์อะซิติกอาจเป็นสารฆ่าเชื้อที่ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน ประสิทธิภาพของสารทั้งสองนี้อาจขึ้นอยู่กับ active ออกซิเจน กรดเปอร์อะซิติกมีจำหน่ายและใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ ในทางตรงกันข้าม กรดเปอร์ฟอร์มิก (HCOOOH) นั้นไม่เสถียร ดังนั้นจึงต้องเตรียมโดยผสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกรดฟอร์มิกเป็นเวลาหลายชั่วโมงก่อนใช้งาน

SUN Xiaoying และคณะ ศึกษาแบบจำลองจลนพลศาสตร์ของการสังเคราะห์และการสลายตัวของ กรดเปอร์ฟอร์มิก โดยใช้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมและทำการวัดผลโดยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 0.05 M และโซเดียมออกซาเลต ($Na_2C_2O_4$) 0.1 M เพื่อไทเทรต $KMnO_4$ ส่วนเกินออก เติมสารละลาย $Na_2C_2O_4$ ลงในส่วนผสมทีละหยดในขณะที่กวนจนกว่าสีชมพูจะหายไปและเติมฟีนอฟทาลีนอินดิเคเตอร์สองสามหยดลงในส่วนผสมเพื่อช่วยตรวจหาจุดสิ้นสุดของการไทเทรต เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำปฏิกิริยาในอ่างน้ำแข็งเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไปและปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปประมาณ 15-90 นาที หรือจนกว่าจะไม่มีความร้อนเหลืออยู่ สารละลายสุดท้ายจะมีทั้งกรดเปอร์ฟอร์มิกและกรดฟอร์มิก ซึ่งสามารถแยกออกได้โดยใช้การไทเทรต และจากการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการเตรียมกรดฟอร์มิกและตัวเร่งปฏิกิริยาผู้ศึกษาระบุว่า กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับหลายขั้นตอนและปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ พลังงานกระตุ้นที่แท้จริงของการสังเคราะห์ กรดเปอร์ฟอร์มิก และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส คือ 75.2 kJ/mol และ 40.4 kJ/mol ตามลำดับ และพลังงานกระตุ้นของการสลายตัว กรดเปอร์ฟอร์มิก คือ 95.4 kJ/mol จากผลการทดลองระบุว่าการสลายตัวของ กรดเปอร์ฟอร์มิกมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้แม้ในอุณหภูมิห้อง การสลายตัวของ กรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นจะเกิดทั้งการสลายตัวที่เกิดขึ้นเองและการสลายตัวที่เกิดจาก

ปัจจัยอื่นที่มีส่วนทำให้เกิดการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก และการสลายตัวจะได้ CO_2 และ O_2 ในสถานะก๊าซของผลิตภัณฑ์จากการสลายตัว ดังนั้นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับจลนพลศาสตร์ของการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกมีความสำคัญต่อการปรับสภาวะของปฏิกิริยาให้เหมาะสมและเพิ่มผลผลิตของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้ได้สูงสุด

Elio Santacesaria และคณะ [8] ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยโดยใช้เทคนิค precise gas-volumetric แสดงให้เห็นว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ได้สลายตัวในช่วงอุณหภูมิ 30-60 ^{o}C และความเป็นกรดแก่ดูเหมือนจะทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกเสถียรอย่างที่ทราบกันดีอยู่แล้วและเปรียบเทียบการจำลองจลนศาสตร์ของการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยเทคนิคอื่น ๆ ในกรณีที่ไม่มีกรดแก่ ในสภาวะเดียวกันพบว่า แม้ว่าแบบจำลองจลนพลศาสตร์ที่ใช้จะเหมือนกันแต่ผลทางจลนพลศาสตร์อาจแตกต่างกันบ้างเมื่อในกรณีที่มีกรดกำมะถัน กรดฟอสฟอริก และในกรณีที่ไม่มีกรดเกลือแก่ตามลำดับ สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างทางจลนพลศาสตร์อาจเป็นเพราะความเสถียรของกรดเปอร์ฟอร์มิกในช่วงเริ่มต้นด้วยการสลายตัวอย่างรุนแรงซึ่งส่วนใหญ่อาจได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมทางเคมีอื่นๆ

Shekar M และคณะ [7] ศึกษากระบวนการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์การไหล Corning Advanced-Flow ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลกระทบของสภาวะปฏิกิริยาต่างๆ เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหล และความเข้มข้นของสารตั้งต้น ต่อการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก การศึกษามีการทดลองและการคำนวณเพื่อปรับสภาวะการเกิดปฏิกิริยาให้เหมาะสมและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ การศึกษาพบว่าสภาวะต่างๆมีผลต่อปฏิกิริยา เช่น อุณหภูมิ อัตราส่วนของ H_2O_2 ต่อกรดฟอร์มิก และอัตราการไหล ที่อุณหภูมิ 20-40°C จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 20°C เป็น 30°C อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นและเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมากขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30°C เป็น 40°C ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเริ่มเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ นอกจากนี้การศึกษานี้ยังระบุว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก คือ อัตราการไหล 0.5 มล./นาที และอัตราส่วนโมลของ H_2O_2 ต่อกรดฟอร์มิกเท่ากับ 1:1 (อัตราส่วนปริมาตร 1:2) สภาวะเหมาะสมที่อุณหภูมิ 30°C ด้วยอัตราการไหลของสารป้อน 80 ml/h

Chen Cheng และคณะ [22] เปรียบเทียบวิธีการวัดความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก การศึกษาระบุวิธีการหลักสามวิธีในการวัดความเข้มข้นของ กรดเปอร์อะซิติก ได้แก่ การไทเทรต

spectrophotometry และ electrochemical sensors การไทเทรตคือการวัดปริมาณของ กรดเปอร์อะซิติก โดยการเพิ่ม titrant จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาเคมี และถึงจุดยุติ spectrophotometry เกี่ยวข้องกับการวัดการดูดกลืนแสงโดยโมเลกุลของ กรดเปอร์อะซิติก ในขณะที่ electrochemical sensors จะวัดกระแสที่เกิดจากการออกซิเดชันของ กรดเปอร์อะซิติก

การศึกษานี้ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธี การไทเทรตเป็นวิธีการที่ใช้บ่อยที่สุดและค่อนข้างง่ายและราคาไม่แพง แต่ต้องใช้ทักษะในการไทเทรตระดับสูง และอาจได้รับผลกระทบจากการรบกวนจากสารเคมีอื่นๆ สำหรับวิธี spectrophotometry มีความไวและจำเพาะมากกว่าการไทเทรต และได้รับผลกระทบจากการรบกวนน้อยกว่า แต่ต้องใช้อุปกรณ์ราคาแพงกว่าและซับซ้อนกว่าในการใช้งาน electrochemical sensors สามารถพกพาได้และสามารถวัดค่าแบบเรียลไทม์ได้ แต่อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและค่า pH

โดยรวมแล้ว การศึกษาสรุปได้ว่าแต่ละวิธีในการวัดความเข้มข้นของ กรดเปอร์อะซิติก มีข้อดีและข้อจำกัดต่างกันไป และการเลือกวิธีจะขึ้นอยู่กับการใช้งานเฉพาะและระดับความแม่นยำที่ต้องการ โดยผลการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียแสดงในตาราง 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 วิธีการวัดความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติค

วิธีการวัด	กลไกพื้นฐาน	ความเข้มข้นที่แนะนำ	ข้อควรพิจารณา	อุปกรณ์
การไทเทรต	การไทเทรตรีดอกซ์ : ใช้หลักการในการถ่ายโอนอิเล็กตรอนและทำปฏิกิริยาระหว่างตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ในสารละลาย	5%-15%(wt.%)	1. ความแม่นยำสูงของผลการวัด 2. ไม่สามารถตรวจจับ กรดเปอร์อะซิติก ที่มีความเข้มข้นต่ำได้ในสารละลาย 3. การวิเคราะห์ไม่เหมาะสำหรับการทำระยะยาวเนื่องด้วยพื้นที่จัดเก็บ	Conventional chemical analysis instruments
NMR	Nuclear spin motion	/	1. ค่าอุปกรณ์สูง 2. การดำเนินการที่ซับซ้อน 3. ไม่ใช้ในเชิงปริมาณ	Nuclear magnetic Resonance Spectrometer
Chromatography	Derivatization chromatography test	0.1–10 mg/L	1. ขีดจำกัดการตรวจจับที่ความเข้มข้นต่ำ 2. ต้องมีการดำเนินการปฏิกิริยาทุติยภูมิ	Gas chromatography or liquid chromatograph
Colorimetric methods	Color reaction based on Tringer, ABTS หรือ DPD	0.1–10 mg/L	1. ขีดจำกัดการตรวจจับที่ความเข้มข้นต่ำ 2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อาจลดความแม่นยำในการตรวจจับ 3. ต้องมีการดำเนินการปฏิกิริยาทุติยภูมิ	UV spectrophotometer

Tero Luukkonenและคณะ [23] ศึกษากรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดเปอร์อะซิติก และกรดเปอร์ฟอร์มิกในการเกิดออกซิเดชั่นและการกัดกร่อนสำหรับการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จากการศึกษาพบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิก มีความไม่เสถียรมากกว่ากรดเปอร์อะซิติก ในแง่ของการเก็บรักษาและการสลายตัวของความเข้มข้นที่ตกค้าง จากการศึกษาพบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพที่สุดที่ความเข้มข้นต่ำกว่าและระยะเวลาสัมผัสที่สั้นกว่ากรดเปอร์อะซิติกและในแง่ของการกัดกร่อนอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการที่นำกรดเปอร์ฟอร์มิกและกรดเปอร์อะซิติกไปใช้ พบว่าทั้งกรดเปอร์อะซิติกและกรดเปอร์ฟอร์มิกมีประสิทธิภาพในการลดการกัดกร่อนของพื้นผิวคอนกรีตและเหล็กในโรงบำบัดน้ำเสีย แต่กรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นมีฤทธิ์กัดกร่อนน้อยกว่ากรดเปอร์อะซิติกและมีโอกาสน้อยที่จะสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ ดังนั้นการศึกษาชี้ให้เห็นว่ากรดเปอร์ฟอร์มิก อาจเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพมากกว่าและมีฤทธิ์กัดกร่อนน้อยกว่ากรดเปอร์อะซิติกในการใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเข้มข้นต่ำและเวลาที่สั้นกว่า นอกจากนี้ผู้ศึกษายังระบุว่าการใช้งานกรดเปอร์ฟอร์มิกควรใช้หลังจากการผสมภายใน 12 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

H. Ulrich และ M. Janik ศึกษาความเสถียรของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการฟอกขาวโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากสารทั้ง 3 ชนิด ส่งผลต่อค่า pH วิเคราะห์ผลโดยใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 20 g/L ผสมกับสารละลายทั้ง 3 ชนิด 20 g/L ที่มีความเข้มข้น 0.5 M ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50 °C และ 90 °C ใช้เวลา 60 นาที พบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ภายใต้สภาวะเดียวกัน (เวลาและอุณหภูมิเท่ากัน) สารละลายที่ส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวและเหลือความเข้มข้นเหลือน้อยสุด คือ สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต และสารที่ส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงน้อยที่สุด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ผู้ศึกษายังระบุว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น

2.5 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยใช้สารตั้งต้นเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิก โดยใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน อุณหภูมิปฏิกิริยาอยู่ที่ 20-40 °C เป็นระยะเวลา 15-90 นาที พบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกจะเกิดเพิ่มขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40 °C พบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกจะเริ่มสลายตัวและมีปฏิกิริยาย้อนกลับของการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก และได้มีการศึกษาเสถียรภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ 50 °C และ 90 °C โดยพบว่าแอนไอออนในรูปของเกลือโซเดียมส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัว ซึ่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อาจส่งผลต่อความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น ดังนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาจะทำการทดสอบแอนไอออนในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก ที่คาดว่าจะส่งผลต่อการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และส่งผลให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

เนื้อหาในบทนนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือ อุปกรณ์ และเคมีภัณฑ์ ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ตั้งแต่ขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่าง การหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการด้วยการไทเทรต (Titration) และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยด้วยเครื่อง pH meter

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 8 ตัว ได้แก่

1. กรดฟอร์มิก 99% (AR grade)
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50% (Food grade)
3. โซเดียมคลอไรด์ NaCl
4. โซเดียมซัลเฟต Na_2SO_4
5. โซเดียมไบคาร์บอเนต $NaHCO_3$
6. โซเดียมคาร์บอเนต Na_2CO_3
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH
8. โซเดียมไนไตรท์ $NaNO_2$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การเตรียมสารละลายกรดและการเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 การเตรียมสารละลายแอนไอออน

1. นำสารละลายแอนไอออนโดยการนำเกลือแต่ละชนิดมาชั่งตามความเข้มข้น 0.1 N.

2. นำมาผสมกับน้ำกลั่นจนได้ตามปริมาตรที่ต้องการ

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ไม่มีสารละลายกรด

1. ปิเปตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 %wt ปริมาตร 40 ml ใส่ลงในขวด HDPE จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 ml ลงไปเจือจาง

2. ปิเปตกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 99 %wt ปริมาตร 17.2 ml เติมลงไปและผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง

3. ทำการไทรเทรตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่เวลา 10, 60, 90 และ 120 นาที

3.2.3 การเตรียมตัวอย่างกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีสารละลายแอนไอออน

1. ปิเปตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 %wt ปริมาตร 40 ml ใส่ลงในขวด HDPE จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 ml ลงไปเจือจาง

2. ปิเปตกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 99 %wt ปริมาตร 17.2 ml เติมลงไป

3. เติมสารละลายแอนไอออนที่เตรียมไว้ทั้ง 6 ชนิด ปริมาตร 0.02 - 0.1 ml และผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง

4. ทำการไทรเทรตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่เวลา 10, 60, 90 และ 120 นาที

3.3 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)

การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ความเข้มข้น 0.028 M ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตประมาณ 3.16 g นำมาละลายน้ำ และปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ในขวดสีชา และการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมี 5 ขั้นตอนได้แก่

1. ชั่งกรดออกซาลิกประมาณ 0.05 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่แห้ง เติมน้ำกลั่นประมาณ 10 ml เพื่อละลายกรดออกซาลิก และเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (เข้มข้น 1:4) 10 ml จากนั้นทำการเขย่าให้กรดออกซาลิกละลายจนหมด

2. นำสารละลายไปอุ่นให้ร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. นำสารละลายในขวดรูปชมพู่มาไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในขณะที่ยังอุ่นอยู่ ถ้ายังมีกรดออกซาลิกเหลืออยู่สีม่วงของเปอร์แมงกาเนตจะหายไป ทำการไทเทรตจนสีม่วงค้างอยู่ประมาณ 30 วินาที ในระหว่างนี้ถ้าสารละลายในขวดรูปชมพู่เย็นตัวลงให้นำไปอุ่นใหม่

4. ทำการไทเทรตทั้งหมด 2 ครั้ง โดยครั้งแรกเป็นการไทเทรตอย่างรวดเร็วเพื่อหาจุดยุติมีค่าประมาณเท่าใด จากนั้นจึงค่อนไทเทรตด้วยความระมัดระวังเพิ่มอีก 1 ครั้ง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความเข้มข้น

5. การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เตรียมได้จากสูตร

$$C_{KMnO4} = W_{oxalic}/(90.03 \times 2.5 \times V_{KMnO4}) \qquad (3.1)$$

เมื่อ C_{KMnO4} คือ ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (M)

W_{oxalic} คือ น้ำหนักของกรดออกซาลิก (g)

V_{KMnO4} คือ ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มช้ (ml)

2.5 คือ อัตราส่วนการทำปฏิกิริยาระหว่าง MnO_4^- กับ $C_2O_4^{2-}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.4.1 การเตรียมสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นประมาณ 0.5 M ทำได้โดยการชั่งสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 g ใส่ลงในบีกเกอร์ แล้วนำมาละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำมาปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ด้วยขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask) และนำสารละลายเทลงในขวดสีชา

3.4.2 การหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มี 4 ขั้นตอนได้แก่

1. นำสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) มาอบเพื่อไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. ชั่งสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.5 g

3. นำมาละลายน้ำจนโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตละลายหมดและนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ด้วยเครื่อง pH meter

4. หาความเข้มข้นที่แน่นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากสูตร

$$C_{NaOH} = W_{KHP}/(204.22x\ 1\ x\ V_{NaOH}) \qquad (3.2)$$

เมื่อ C_{NaOH} คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (M)

W_{KHP} คือ น้ำหนักของโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (g)

V_{NaOH} คือ ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ml)

1 คือ อัตราส่วนการทำปฏิกิริยาระหว่าง KHP กับ NaOH

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการไทเทรต (Titration)

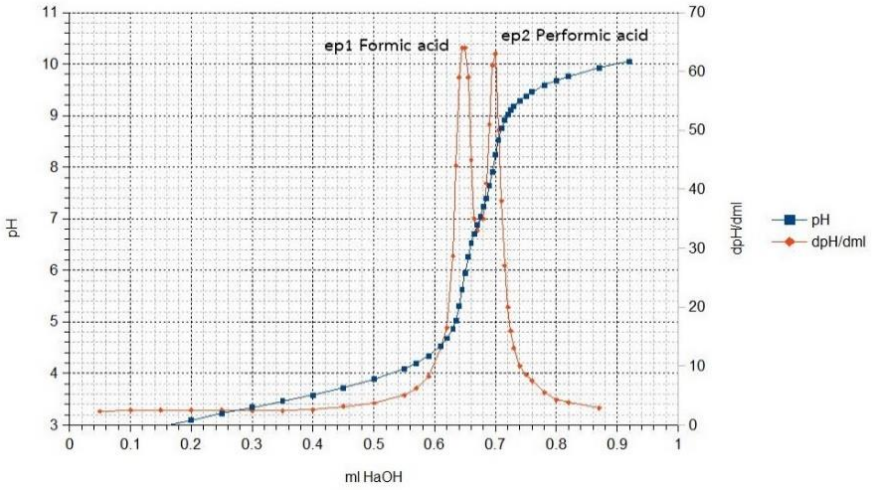
การเตรียมสารละลายตัวอย่างทำได้โดยการดูดสารตัวอย่างใช้ออโต้ปิเปต (Automatic pipette) ดูดสารละลายตัวอย่างมา 100 ไมโครลิตร ใส่ลงขวดรูปชมพู่ที่แห้ง จากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งสารเพื่อจดค่าน้ำหนักที่แน่นอน แล้วเติมน้ำกลั่น 10 ml และเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (เข้มข้น 1:4) 10 ml ผสมให้เข้ากัน และนำมาทำการไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จนกระทั่งสีม่วงของเปอร์แมงกาเนตไม่หายไป จากนั้นทำการคำนวณหาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.6 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยด้วยเครื่อง Desktop pH meter ของ METTLER TOLEDO รุ่น Seven compact S220

การเตรียมสารละลายตัวอย่างทำได้โดยการดูดสารตัวอย่างมาประมาณ 0.1-0.2 g (ให้ทราบค่าตัวเลขที่แน่นอน) ใส่ลงบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นจนมีระดับท่วมหัว probe (น้ำกลั่นประมาณ 60 ml) จากนั้นใช้ออโต้ปิเปต (Autopipette) ในการค่อยๆ หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณเล็กน้อย (5-100 µl) วัดค่า pH ของสารละลายและบันทึกหลังจากการหยดแต่ละครั้ง

โดยหลังเสร็จสิ้นจากการไทเทรตจะนำเอาข้อมูลไปพล็อตกราฟโดยที่จะมากราฟระหว่างปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และจะได้กราฟระหว่างปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) นอกจากนี้จุดสมมูลของกรดฟอร์มิกและกรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถหาได้โดยการนำฟังก์ชันพหุนาม (polynomial) มาสร้าง interpolation function ขึ้นมาและนำไปหาค่าอนุพันธ์ โดยฟังก์ชันสมการที่ได้มาคือฟังก์ชันสมการหาค่าอนุพันธ์อันดับ 1 ซึ่งฟังก์ชันสมการนี้จะนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมด สมการแสดงดังต่อไปนี้ (รายละเอียดการคำนวณค่า dpH/dml รายงานไว้ในภาคผนวก ค) กำหนดได้จากเส้นกราฟการไทเทรต (ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH) จุดสมมูลจุดแรก (ep1) เป็นของกรดฟอร์มิก ส่วนจุดสมมูลที่สอง (ep2) เป็นของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดังรูปที่ 3.1

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2x-(b+c)}{(a-b)(a-c)} f(a) + \frac{2x-(a+c)}{(b-a)(b-c)} f(b) + \frac{2x-(a+b)}{(c-a)(c-b)} f(c) \qquad (3.3)$$



รูปที่ 3.1 กราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปและค่า pH ที่อ่านได้และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมไปและอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (dpH/dml)

รูปที่ 3.2 เครื่อง Mettle Toledo Sevencompact S220 pH meter

3.7 การหาปริมาณตัวอย่าง (กรดฟอร์มิก กรดเปอร์ฟอร์มิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)

3.7.1 การหาปริมาณกรดฟอร์มิก

ปริมาณของกรดฟอร์มิกที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จนเกิดเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก หาได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การหาจำนวนโมลของกรดฟอร์มิกคงเหลือ

$$\text{mole of formic acid (mol)} = \frac{\text{conc. of NaOH (mol/l) x ปริมาณ NaOH ณ จุดสมมูลที่ 1 (ml)}}{1000\ \text{(ml)}} \qquad (3.4)$$

2. การหาน้ำหนักของกรดฟอร์มิกเหลือ

Weight of formic acid ที่เหลือ (g) = Mole of formic acid (mol) x MW. of formic acid (g/mol)

3. การหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกรดฟอร์มิกที่เหลือ

$$\%\ \text{weight of formic acid ที่เหลือ} = \frac{\text{weight of formic acid ที่เหลือ (g)}}{\text{weight of sample (g)}} \times 100 \qquad (3.5)$$

4. การหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปริมาณกรดรวมทั้งหมดที่เป็น FA

$$\% \text{ total acid as FA} = \frac{\text{total mole of acid (mol) x MW. of formic acid (g/mol)}}{\text{weight of sample (g)}} \text{ x } 100 \qquad (3.6)$$

3.7.2 หาปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิก

ปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ได้จากการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกรดฟอร์มิก หาได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การหาปริมาณโมลของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น

$$\text{mole of PFA (mol)} = \frac{\text{conc. of NaOH (mol/l) x (ปริมาณ NaOH ณ จุดสมมูลที่ 2 - จุดสมมูลที่ 1) (ml)}}{1000} \qquad (3.7)$$

2. การหาน้ำหนักของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น

$$\text{Weight of PFA (g)} = \text{Mole of PFA (mol) x MW. of PFA (g/mol)} \qquad (3.8)$$

3. การหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น

$$\% \text{ weight of PFA} = \frac{\text{weight of PFA (g)}}{\text{weight of sample (g)}} \text{ x } 100 \qquad (3.9)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. *การ*หาปริมาณกรดรวมทั้งหมด

$$\text{Total mole of acid} = \text{mole of FA} + \text{mole of PFA} \qquad (3.11)$$

3.7.3 หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิกเกิดเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก หาได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การหาจำนวนโมลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

$$\text{mole of } H_2O_2 \text{ (mol)} = \frac{\text{conc. of } KMnO_4 \text{ (mol/l) x ปริมาณ } KmnO_4 \text{ ที่ใช้ (ml) x 2.5}}{1000 \text{ (ml)}} \quad (3.12)$$

2. การหาน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

$$\text{weight of } H_2O_2 \text{ (g)} = \text{Mole of } H_2O_2 \text{ (mol) x MW. of } H_2O_2 \text{ (g/mol)} \quad (3.13)$$

3. *การ*หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา

$$\%\text{ weight of } H_2O_2 \text{ ที่เหลือ} = \frac{\text{weight of } H_2O_2 \text{ (g)}}{\text{weight of } H_2O_2 \text{ sample ที่ใช้ในการไทเทรต (g)}} \text{ x } 100 \quad (3.14)$$

4. การหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาไปเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก

$$\%\text{ weight of } H_2O_2 \text{ ที่ใช้} = \frac{\%\text{ weight of PFA ที่เกิดขึ้น x MW. of } H_2O_2 \text{ (g/mol)}}{\text{MW. of PFA (g/mol)}} \text{ x } 100 \quad (3.15)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมด

$$\%\text{ total weight of } H_2O_2 = \%\text{ weight of } H_2O_2 \text{ ที่เหลือ} + \%\text{ weight of } H_2O_2 \text{ ที่ใช้} \quad (3.16)$$

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นผลการทดลองของสารละลายแอนไอออนที่มีผลต่อการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกและเสถียรภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยทดสอบด้วยแอนไอออนทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl),โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4),โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH),โซเดียมคาร์บอเนต ($NaHCO_3$),โซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) โดยก่อนอื่นขอทบทวนปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ได้กล่าวในบทนำดังนี้

- ปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิกและ H_2O_2 ที่ทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกและน้ำ ปฏิกิริยานี้ผันกลับได้

$$HCOOH + H_2O_2 \leftrightarrow HCOOOH + H_2O \quad (4.1)$$

- การทำปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิก จ่ายออกซิเจนออกไปแล้วกลับเป็นกรดฟอร์มิกตามเดิม ที่สามารถทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 กลับไปเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกใหม่ได้ ปฏิกิริยานี้ความเข้มข้นของกรดไม่ลดลง แต่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะลดลง

$$2HCOOOH \longrightarrow 2HCOOH + O \quad (4.2)$$

- ปฏิกิริยาการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกไปเป็น CO_2 และน้ำปฏิกิริยานี้ความเข้มข้นของทั้งกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะลดลง

$$HCOOOH \longrightarrow CO_2 + H_2O \quad (4.3)$$

เนื้อหาในบทนี้จะประกอบไปด้วย การรายงานผลการศึกษาการใช้ชนิดของแอนไอออนและปริมาณของแอนไอออน 0.02 ml และ 0.1 ml ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5

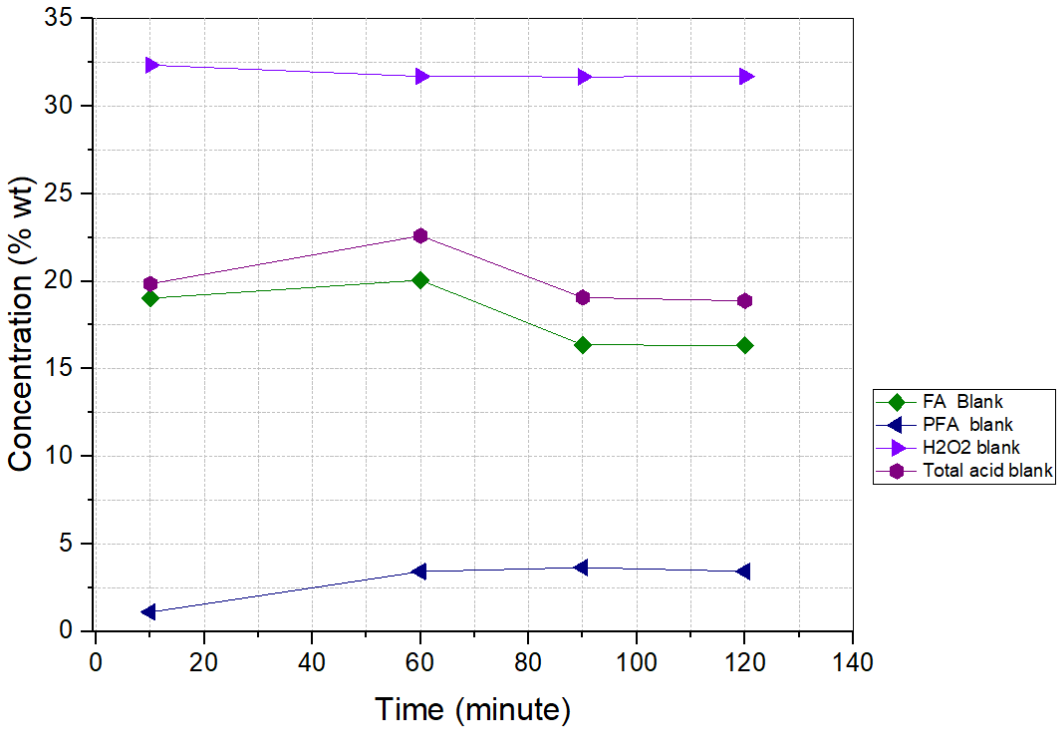
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1ผลจากการศึกษาสารละลายแอนไอออนที่มีต่อการสังเคราะห์กรดเพอร์ฟอร์มิกอัตราส่วนโดยโมล 1:1.5 (กรดฟอร์มิก : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)

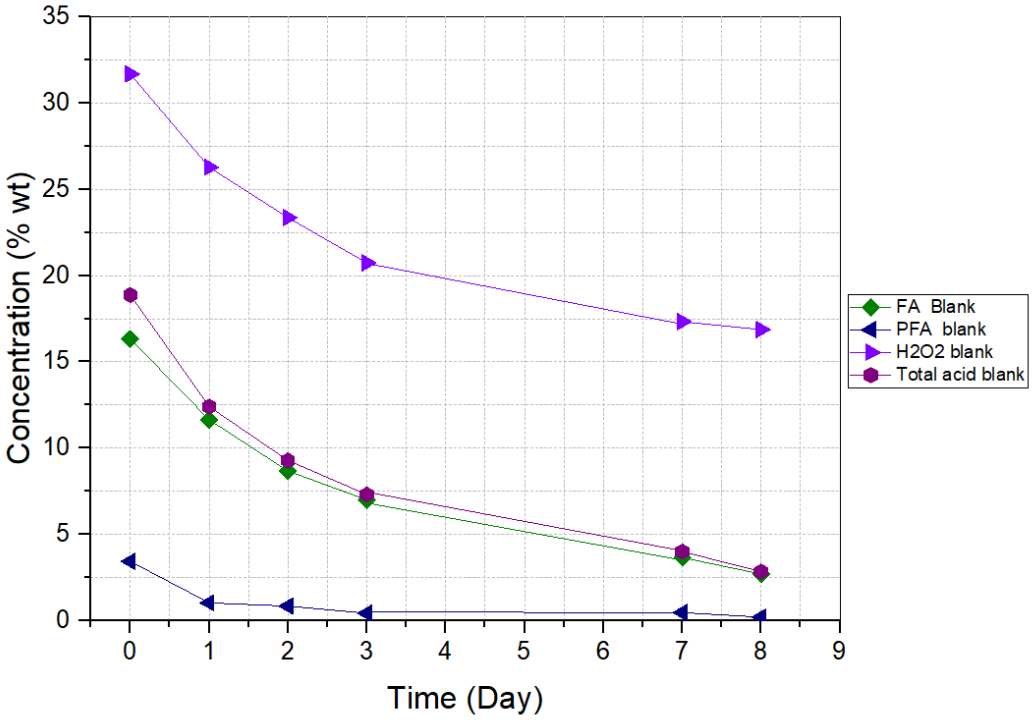
4.1.1 น้ำกลั่น (blank)

การเตรียมตัวอย่าง blank นี้ทำเพื่อเป็น base line สำหรับการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆกับการเติมแอนไอออนชนิดอื่นๆ จากผลการทดลองในวันที่ 0 แสดงการเปลี่ยนแปลงในภาพ 4.1 พบว่าปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในนาทีที่ 10 ที่มีความเข้มข้น 1.1 %wt และจะเพิ่มสูงสุดประมาณ 3.6 %wt หลังจากผ่านประมาณไป 90 นาที และยังมีแนวโน้มคงที่ต่อไปอีก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดฟอร์มิกที่มีปริมาณลดลงอย่างต่อจาก 19.03 %wt ใน 10 นาทีแรก คงเหลือความเข้มข้น 16.33 %wt ในช่วง 120 นาที และความเข้มข้นข้องไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นค่อนข้างคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 60 คือ 31.7 %wt หลังจากผสมครบ 120 นาที สารผสมถูกเก็บไว้ในภาชนะ HDPE และถูกนำมาทำการไทรเทรตในวันถัดไป โดยวันที่ 1 พบว่าในระหว่างนำตัวอย่างมาไทเทรตมีหยดน้ำเกาะบริเวณฝาและด้านในของภาชนะ และเมื่อทำการไทเทรตแล้วพบว่าปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นคงเหลือ 1.02 %wt และในวันที่ 2 ที่นำตัวอย่างมาทำการไทเทรตนั้นก็พบว่าไม่มีกรดเปอร์ฟอร์มิกหลงเหลือแล้ว ซึ่งอาจกรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจึงมีหยดน้ำเกาะอยู่รอบๆภาชนะด้านใน นอกจากนี้เองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นลดลงเล็กน้อยในวันที่ 1 และยังมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆในวันถัดไป อย่างไรก็ตามปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังคงเหลือ 16.87 %wt แม้ในวันที่ 8 หลังจากการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆโดยใช้น้ำกลั่นในวันที่ 0



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆโดยใช้น้ำกลั่นในวันที่ 0-8

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อน้ำกลั่น (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.1 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - 8 ในภาพที่ 4.2

(ก)

Time (minute)	H2O2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	32.33	19.30	1.10	19.84
60 นาที	31.70	20.06	3.42	22.60
90 นาที	31.66	16.36	3.65	19.06
120 นาที	31.69	16.33	3.43	18.87

(ข)

Time (Day)	H2O2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	31.69	16.33	3.43	18.87
วันที่ 1	26.28	11.64	1.02	12.40
วันที่ 2	23.37	8.66	0.83	9.28
วันที่ 3	20.74	6.99	0.42	7.30
วันที่ 4				
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7	17.33	3.65	0.46	3.99
วันที่ 8	16.87	2.70	0.19	2.84

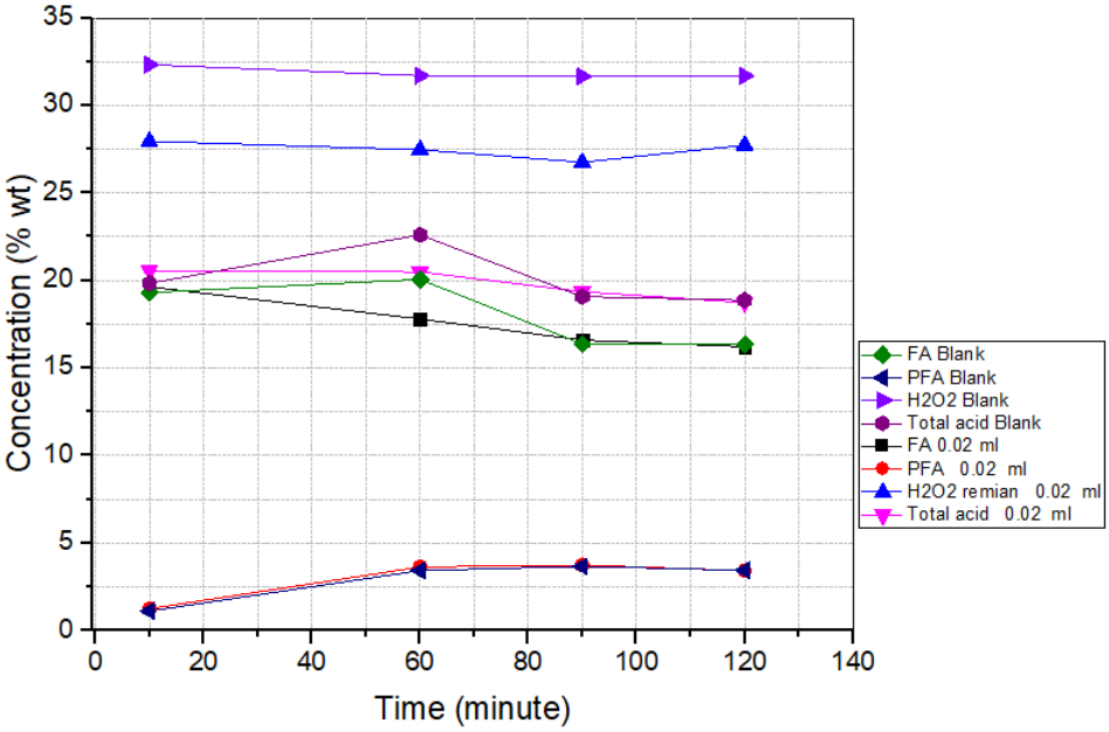
4.1.2 สารละลายแอนไอออนโซเดียมไฮดรอกไซด์

สำหรับการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิกในกรณีที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ปนเปื้อนพบว่าระหว่างทำการทดลองนั้นมีปฏิกิริยารุนแรงสารผสมมีอุณหภูมิสูงประมาณ 42 องศาเซลเซียสและมีฟองก๊าซเดือดออกจากรูของฝาภาชนะ ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้มีการปนเปื้อนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก

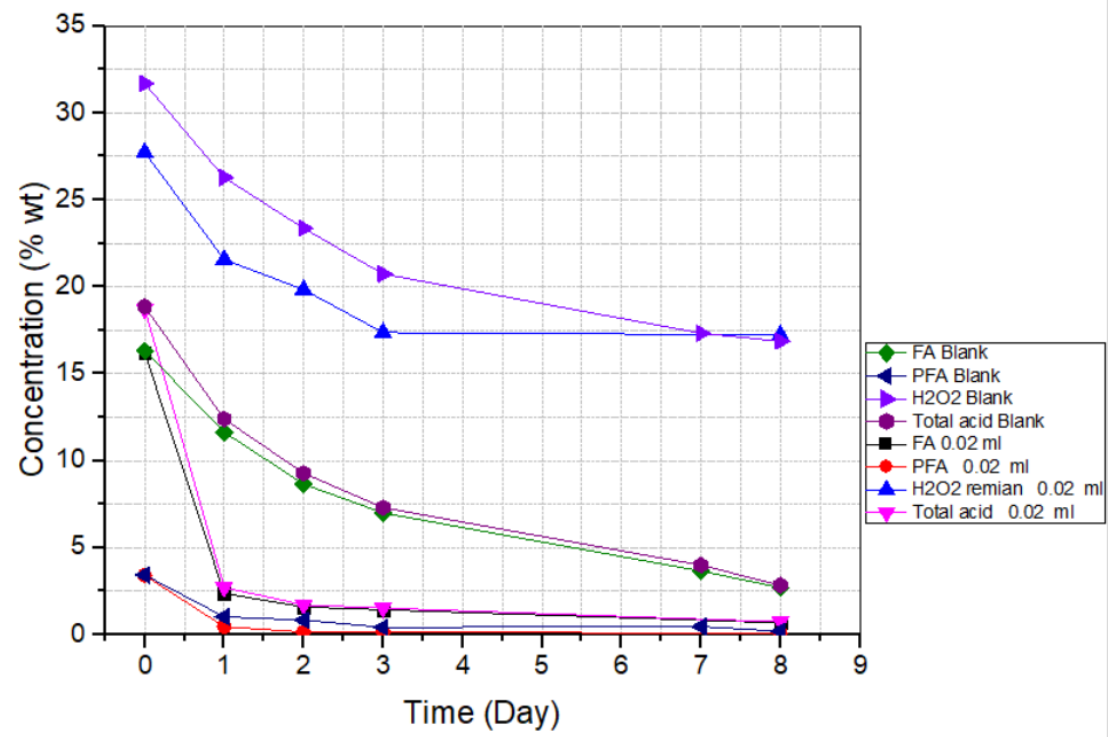
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml.

ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0.02 ml. ในวันที่ 0 พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใน 10 นาทีแรกหลังจากการผสมถูกวัดค่าได้ 27.95 %wt และความเข้มข้นของกรดฟอร์มิก 19.63 %wt ซึ่งน้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นผสมและมีแนวโน้มคงที่จนถึง 120 นาทีหลังจากการผสม ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นก่อตัวขึ้นตั้งแต่ 10 นาทีแรกของการผสมพบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกมีปริมาณ 1.24 %wt โดยความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะเพิ่มสูงสุดเมื่อระยะเวลาผ่านไป 90 นาที 3.73 %wt และเริ่มคงที่จนถึงนาทีที่ 120 อย่างไรก็ตามกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นก่อตัวขึ้นและสลายตัวเร็วมาก หลังจากการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิกเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วัน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นสลายตัวลดลงอย่างมากจาก 27.73 %wt เหลือเพียง 16.69 %wt ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวหลังต่อเนื่องหลังจาก 120 นาทีในวันที่ 0 อย่างไรก็ตามถึงแม้ในวันที่ 1 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นลดลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ในวันต่อไปไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นค่อนข้างคงที่หรืออาจกล่าวได้ว่าสลายตัวน้อยลง ในส่วนของกรดฟอร์มิกพบว่าเมื่อระยะผ่านไปในวันที่ 1 ความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกลดลงเหลือ 2.37 %wt และกรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวหลงเหลือความเข้มข้น 1.02 %wt

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml. ในวันที่ 0



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml. ในวันที่ 0-8

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.3 และ 4.4 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.3 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.4

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	27.95	19.63	1.24	20.56
60 นาที	27.46	17.79	3.62	20.48
90 นาที	26.75	16.59	3.73	19.35
120 นาที	27.73	16.20	3.41	18.73

(ข)

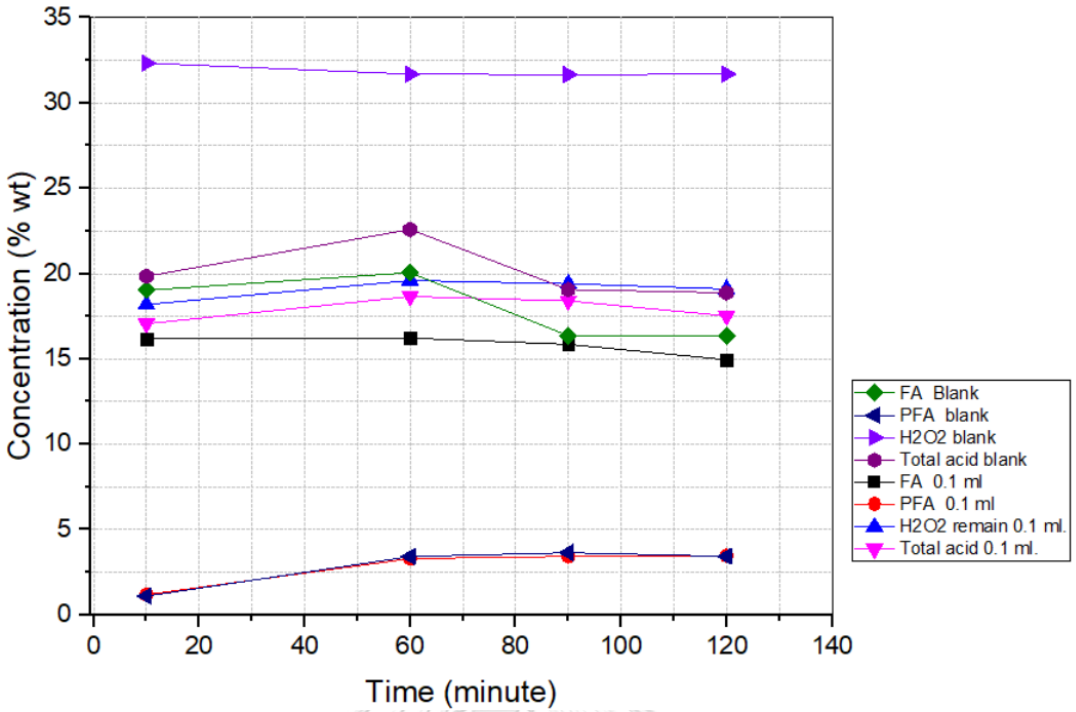
Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	27.73	16.20	3.41	18.73
วันที่ 1	21.57	2.37	0.46	2.71
วันที่ 2	19.84	1.58	0.15	1.70
วันที่ 3	17.37	1.43	0.15	1.53
วันที่ 4				
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	17.23	0.67	0.08	0.73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

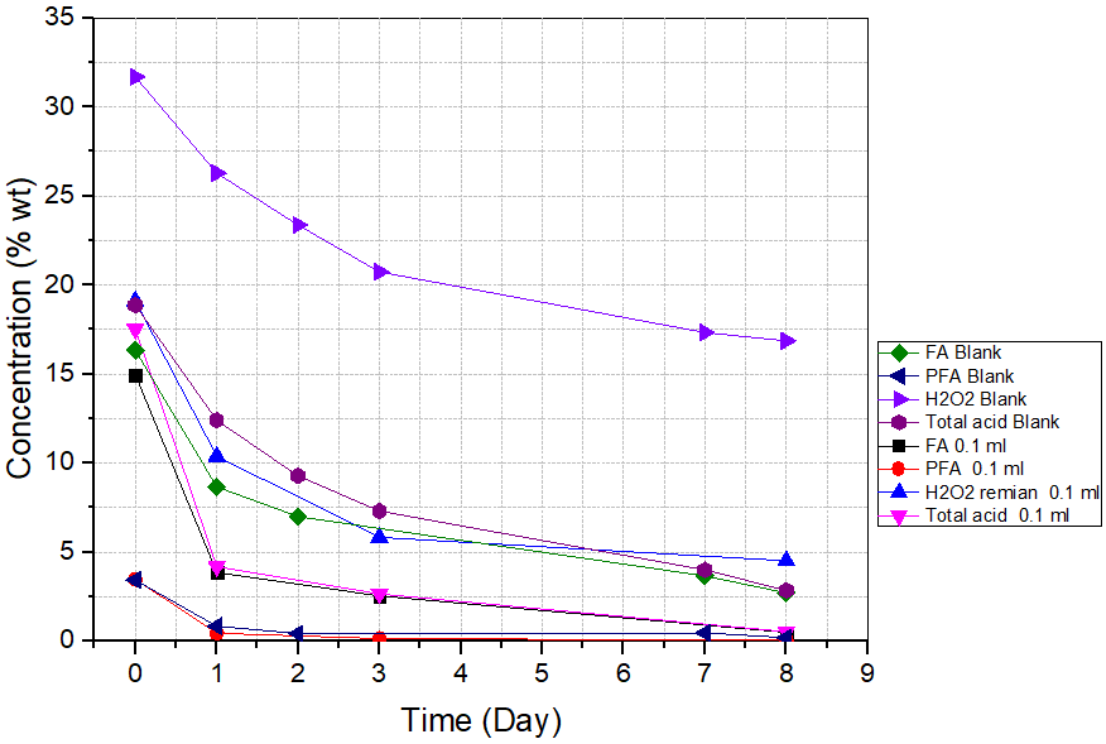
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml.

ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0.1 ml. พบว่ากรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นสลายตัวตั้งแต่ 10 นาทีแรก จากรูป 4.5 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดฟอร์มิกนั้นน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำกลั่น และมีแนวโน้มคงที่จนถึงนาทีที่ 120 ของการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิก อย่างไรก็ตามการสลายตัวของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นไม่ได้ไปก่อตัวเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกเนื่องจากกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ก่อตัวขึ้นนั้นมีความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกับการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml และน้ำกลั่น แต่การเพิ่มปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเบสแก่นั้นทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml. วันที่ 0



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml. ในวันที่ 0-8

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.5 และ 4.6 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.5 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.6

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	18.19	16.18	1.19	17.06
60 นาที	19.60	16.22	3.30	18.66
90 นาที	19.41	15.86	3.43	18.40
120 นาที	19.10	14.95	3.47	17.52

(ข)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	19.10	14.95	3.47	17.52
วันที่ 1	10.38	3.85	0.44	4.18
วันที่ 2				
วันที่ 3	5.82	2.54	0.14	2.64
วันที่ 4				
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	4.51	0.49	0.04	0.52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml และ 0.1 ml

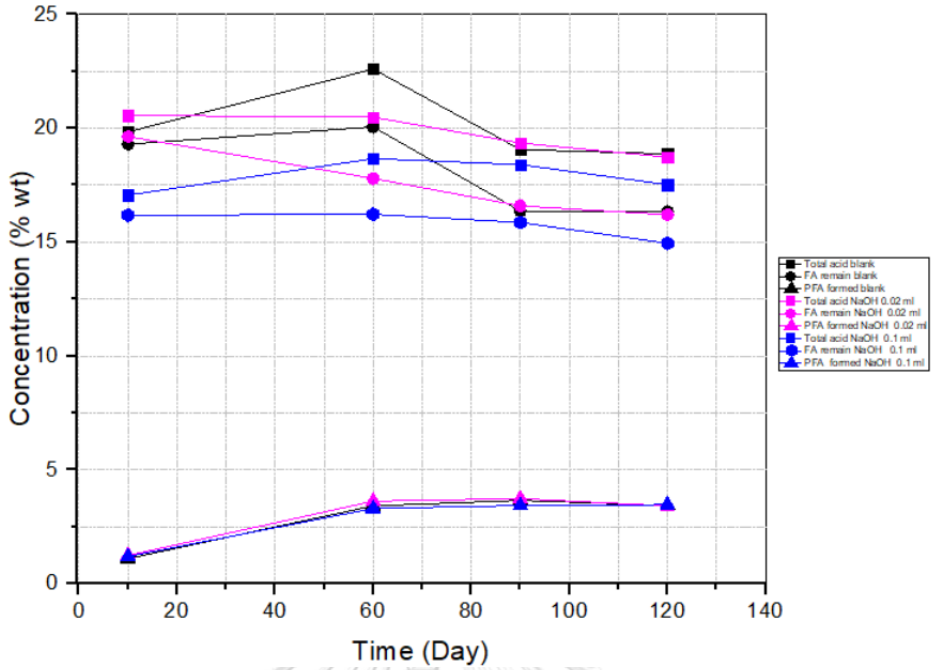
จากภาพ 4.7 เป็นผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆระหว่างการใช้น้ำกลั่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml จากผลที่ได้พบว่ามีความคล้ายคลึงกันไม่ว่าจะเป็นอัตราการเกิดของกรดเปอร์ฟอร์มิก อัตราการลดลงของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และความเข้มข้นของกรดฟอร์มิก สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml จะได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์อร์มิกสูงสุด 3.73 %wt ที่เวลา 90 นาที และตัวอย่างที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml จะได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.47 %wt ที่เวลา 120 นาที

สำหรับตัวอย่างที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml และ0.1 ml มีความเข้มข้นของกรดรวมทั้งหมดต่ำกว่าการใช้น้ำกลั่นตั้งแต่วันที่ 0 กล่าวคือการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml ส่งผลต่อการสลายตัวของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้

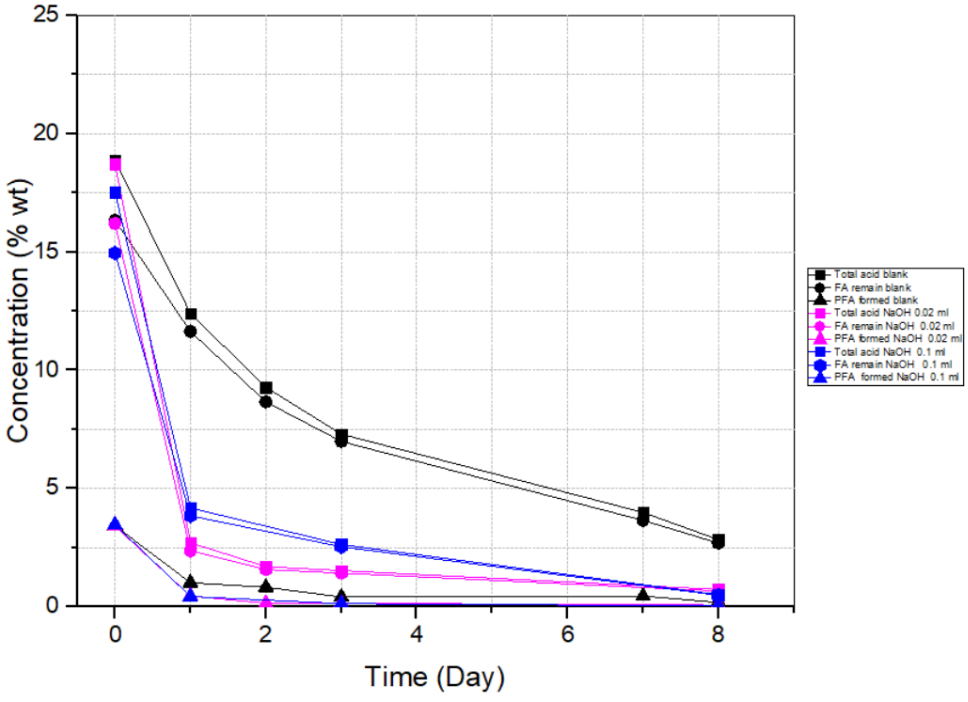
ทั้ง 2 ตัวอย่างพบว่าความเข้มข้นของกรดที่วัดได้น้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นผสม และในส่วนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นพบว่าการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ml ส่งผลให้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวรุนแรงกว่ามากซึ่งสังเกตุได้จากความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่น้อยกว่าน้ำกลั่นและการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml อย่างมีนัยยะสำคัญ สาเหตุนี้มาจากโซเดียมไฮดรอกไซด์จะไปสะเทินกรดฟอร์มิกไปส่วนนึง ทำให้ในสารละลายจะมีโซเดียมฟอร์เมตอยู่และการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น่าจะเกิดจากฟอร์เมตไอออนซึ่งก็มีฤทธิ์เป็นเบสที่สามารถรับโปรตอนจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวได้ต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

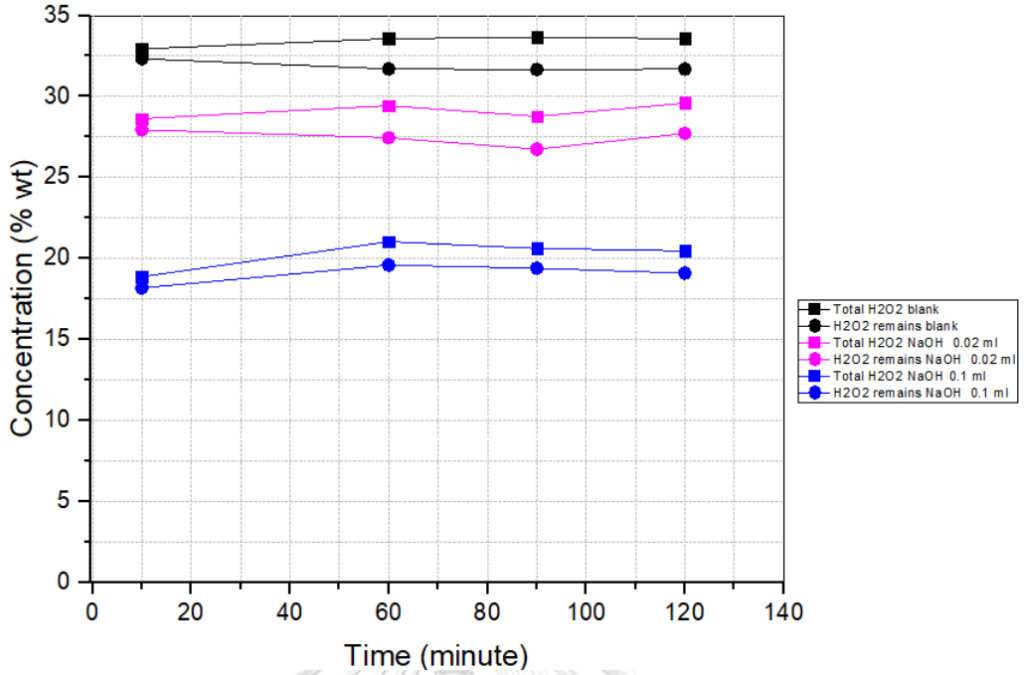
ดังนั้นการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรงและส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวอย่างมากจึงไม่แนะนำให้การสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ปนเปื้อนอยู่


Concentration (% wt)
Time (Day)
0
5
10
15
20
25
0
20
40
60
80
100
120
140
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaOH 0.02 ml
FA remain NaOH 0.02 ml
PFA formed NaOH 0.02 ml
Total acid NaOH 0.1 ml
FA remain NaOH 0.1 ml
PFA formed NaOH 0.1 ml

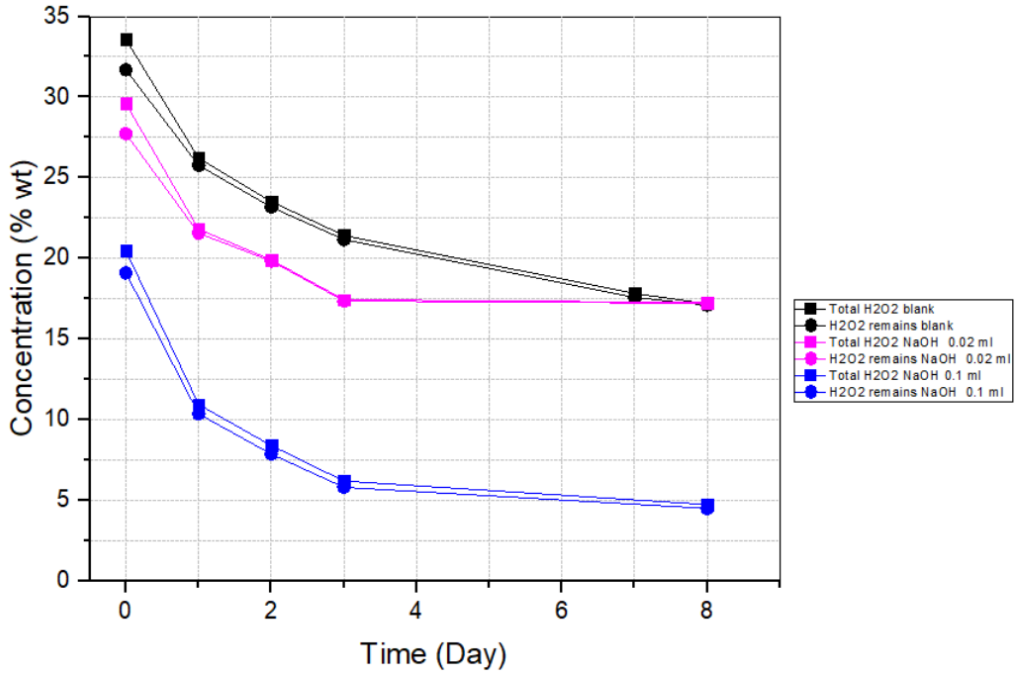
(ก)


Concentration (% wt)
Time (Day)
0
5
10
15
20
25
0
2
4
6
8
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaOH 0.02 ml
FA remain NaOH 0.02 ml
PFA formed NaOH 0.02 ml
Total acid NaOH 0.1 ml
FA remain NaOH 0.1 ml
PFA formed NaOH 0.1 ml

(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.7ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.7ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.7ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8 ในภาพที่ 4.7ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			NaOH 0.02 ml			NaOH 0.1 ml		
	Total Acid	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	19.84	19.3	1.1	20.56	19.63	1.24	17.06	16.18	1.19
60	22.6	20.06	3.42	20.48	17.79	3.62	18.66	16.22	3.30
90	19.06	16.36	3.65	19.35	16.59	3.73	18.40	15.86	3.43
120	18.87	16.33	3.43	18.73	16.20	3.41	17.52	14.95	3.47

(ข)

Day	Distilled water			NaOH 0.02 ml			NaOH 0.1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.87	16.33	3.43	18.73	16.20	3.41	17.52	14.95	3.47
1	12.40	11.64	1.02	2.71	2.37	0.46	4.18	3.85	0.44
2	9.28	8.66	0.83	1.70	1.58	0.15			
3	7.30	6.99	0.42	1.53	1.43	0.15	2.64	2.54	0.14
4									
5									
6									
7	3.99	3.65	0.46						
8	2.84	2.70	0.19	0.73	0.67	0.08	0.52	0.49	0.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ค)

Minute	Distilled water		NaOH 0.02 ml		NaOH 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
10	32.94	32.33	28.64	27.95	18.89	18.19
60	33.57	31.70	29.44	27.46	21.05	19.60
90	33.66	31.66	28.78	26.75	20.63	19.41
120	33.57	31.69	29.60	27.73	20.48	19.10

(ง)

Day	Distilled water		NaOH 0.02 ml		NaOH 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
0	33.57	31.69	29.60	27.73	20.48	19.10
1	26.22	25.77	21.82	21.57	10.95	10.38
2	23.53	23.19	19.92	19.84	8.41	7.88
3	21.43	21.17	17.45	17.37	6.21	5.82
4						
5						
6						
7	17.83	17.59				
8	17.21	17.11	17.28	17.23	4.75	4.51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

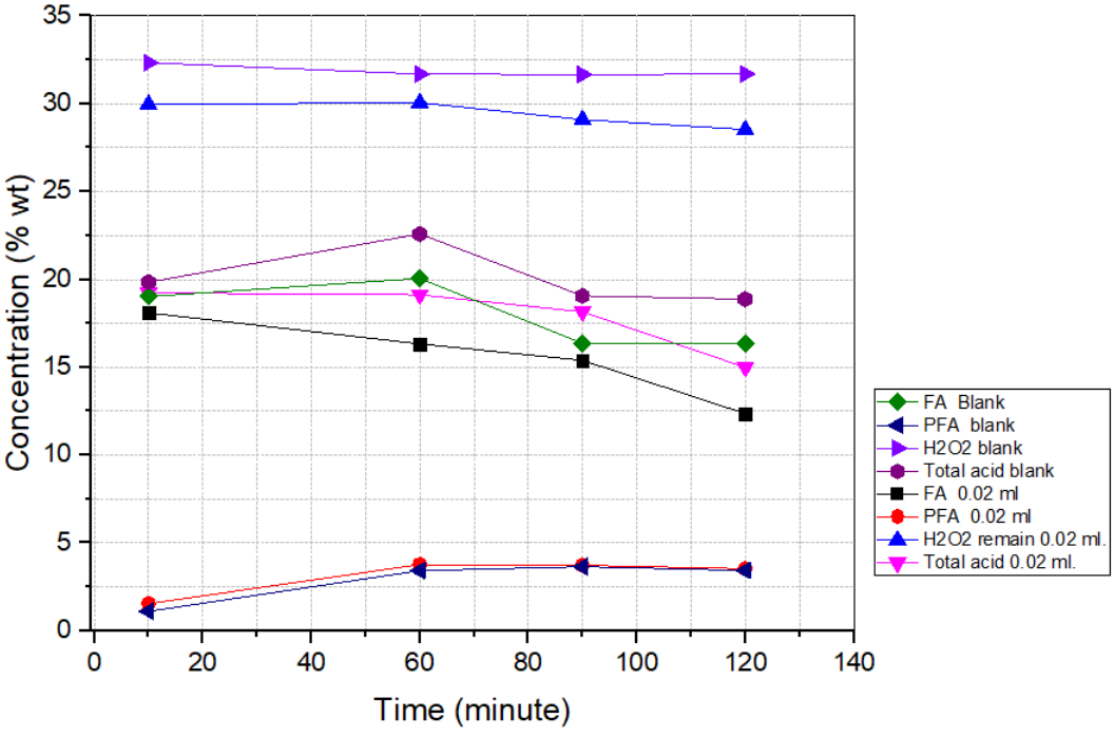
4.1.3 สารละลายแอนไอออนโซเดียมคาร์บอเนต

จากผลการทดลองการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกพบว่าส่งผลให้เกิดปฏิกิริยารุนแรงภายใน 90 นาทีหลังทำการผสม โดยพบว่าสารผสมมีอุณหภูมิสูงประมาณ 42 ^{o}C ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้มีการปนเปื้อนของโซเดียมคาร์บอเนตในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก

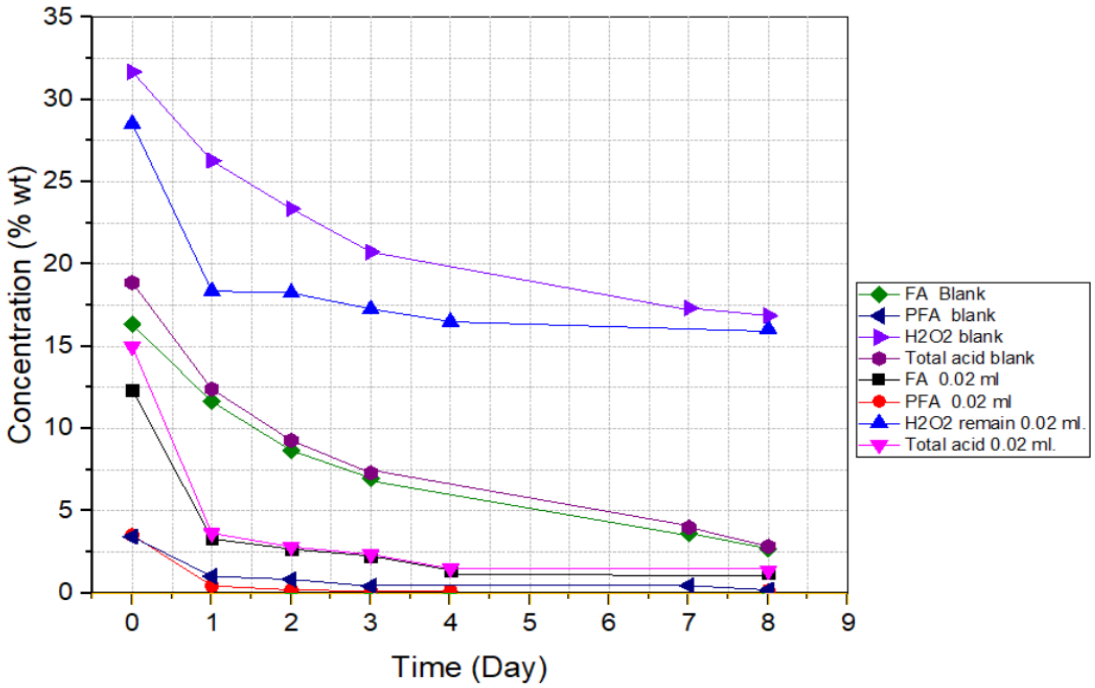
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml

ผลการทดลองเมื่อเติมโซเดียมคาร์บอเนตในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกพบว่าปริมาณไฮโดรเจนต่ำกว่าน้ำกลั่นตั้งแต่ 10 นาทีหลังจากทำการผสมซึ่งมีค่าประมาณ 22.56 %wt และแนวโน้มคงที่จนถึง 120 นาทีหลังจากการผสม เช่นเดียวกับกรดฟอร์มิกที่มีปริมาณความเข้มข้นน้อยกว่าน้ำกลั่นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 10 นาทีหลังจากการผสมซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาโดยกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นตั้งแต่ 10 นาทีแรกหลังจากผสมวัดปริมาณได้ 2.21 %wt และมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงนาทีที่ 90 กรดเปอร์ฟอร์มิกทีปริมาณสูงสุด 3.58 %wt โดยหลังจากผสมในกรดเปอร์ฟอร์มิก 90 นาทีพบว่าสารผสมมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากจนไม่สามารถจับบริเวณภาชนะได้และมีฟองก๊าซเกิดขึ้นระหว่างการใช้ออโต้ปิเปตดูดสารเพื่อไปทำการไทรเทรตอีกด้วย และเมื่อนำสารผสมมาวัดในวันถัดไปก็พบว่ากรดฟอร์มิกสลายตัวอย่างมากซึ่งมีปริมาณเหลือเพียง 3.35 %wt

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml. วันที่ 0



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml. วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.8 และ 4.9 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.8 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.9

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	29.97	18.09	1.54	19.23
60 นาที	30.06	16.33	3.76	19.12
90 นาที	29.10	15.39	3.72	18.15
120 นาที	28.53	12.36	3.53	14.98

(ข)

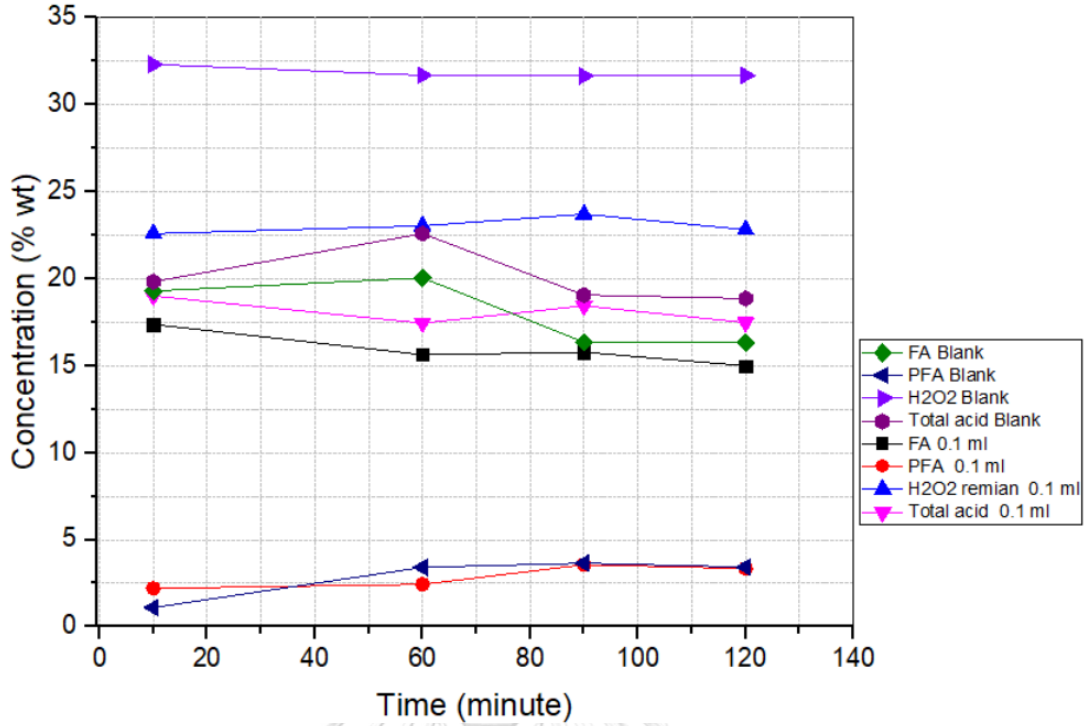
Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	28.53	12.36	3.53	14.98
วันที่ 1	18.36	3.30	0.44	3.63
วันที่ 2	18.25	2.67	0.19	2.81
วันที่ 3	17.27	2.26	0.12	2.35
วันที่ 4	16.51	1.40	0.11	1.49
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	16.06	1.24	0.16	1.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

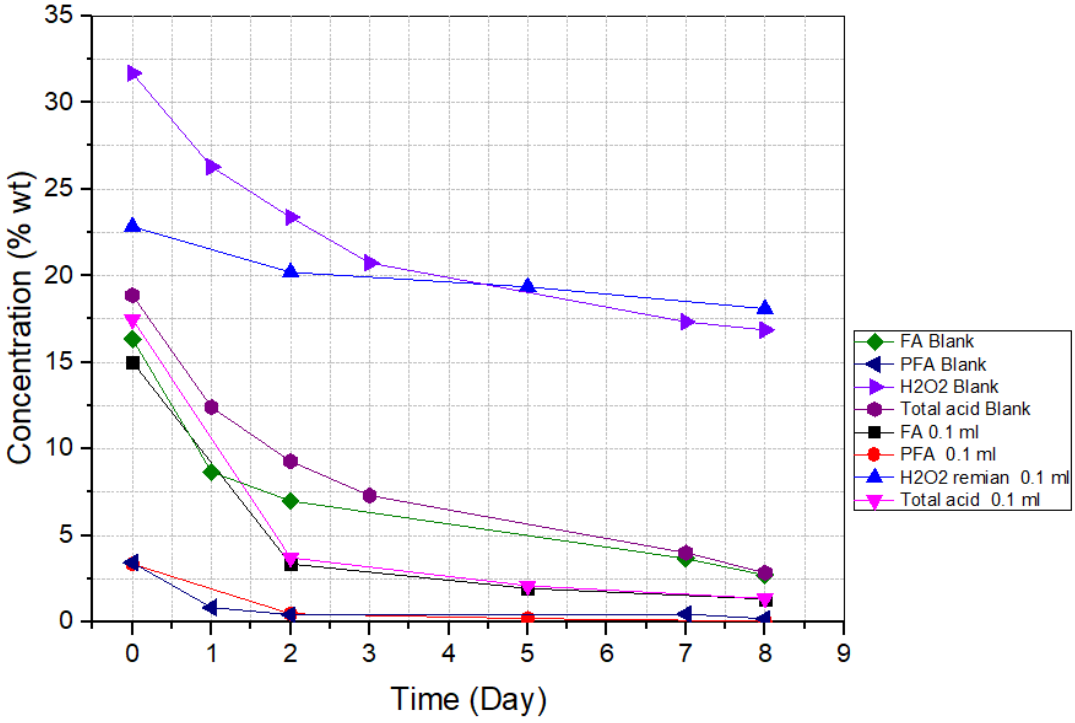
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml.

จากผลการทดลองเติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml ในการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิกพบว่าในช่วง 10 นาทีแรกความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นอย่างเห็นได้ชัด โดยปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นคงที่ตลอดหลังจากผสมจนถึง 120 นาที มีค่าอยู่ในช่วง 22 %wt อย่างไรก็ตามถึงแม้ปริมาณการไฮโดรเจนเปอรออกไซด์ที่วัดได้นั้นจะน้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นในการผสม แต่กรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นยังก่อตัวได้สูงถึง 3.65 %wt ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่น หลังจากผ่านไป 1 วัน สารผสมถูกนำมาหาปริมาณสารต่างๆอีกครั้งพบว่า ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่ปริมาณกรดฟอร์มิกนั้นลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญหากเทียบกับการใช้น้ำกลั่นในการผสมซึ่งมีปริมาณเหลือเพียง 3.35 %wt

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml. วันที่ 0



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml. วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.10 และ 4.11 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.9 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.10

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	22.60	17.38	2.21	19.02
60 นาที	23.05	15.64	2.44	17.45
90 นาที	23.72	15.79	3.57	18.45
120 นาที	22.83	15.00	3.35	17.48

(ข)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	22.83	15.00	3.35	17.48
วันที่ 1				
วันที่ 2	20.19	3.35	0.48	3.71
วันที่ 3				
วันที่ 4				
วันที่ 5	19.35	1.94	0.20	2.09
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	18.09	1.33	0.05	1.36

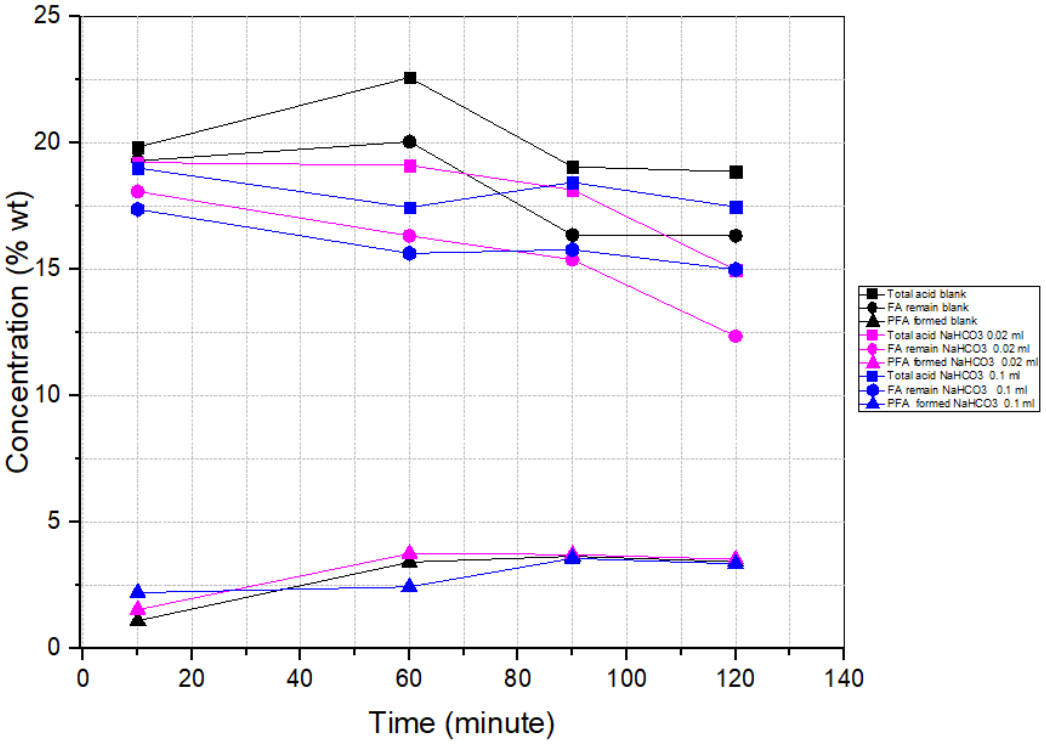
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml และ 0.1 ml

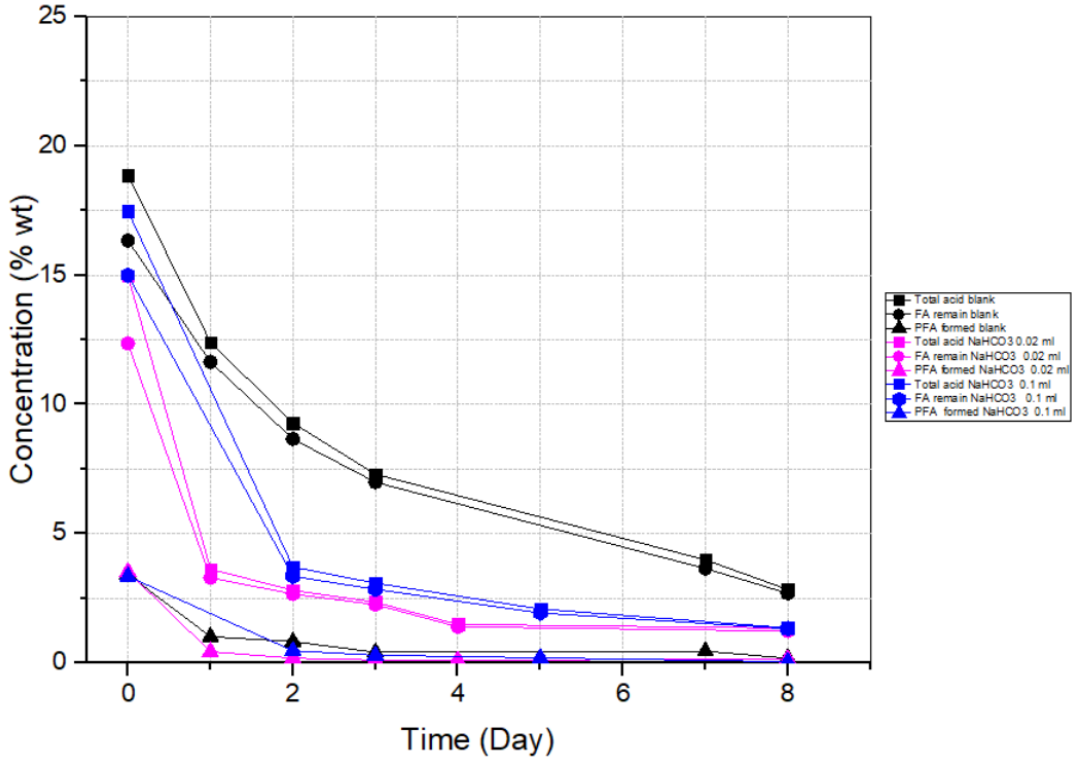
จากภาพที่ 4.12 แสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆในการเติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml และ 0.1 ml จากผลการทดลองการเติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml พบว่าอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและจะมีค่าสูงสุดคือ 3.76 %wt ที่เวลา 90 นาที ในส่วนของความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นน้อยกว่าน้ำกลั่นเล็กน้อยตั้งแต่ 10 นาทีแรกหลังจากการผสม และจากผลการทดลองเติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml ก็พบว่า ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่นและการเติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml แต่การเติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 และ 0.1 ml ส่งผลต่อปริมาณกรดรวมของตัวอย่างที่ให้แนวโน้มคล้ายกัน คือจะสลายตัวเร็วมากหลังจากผ่านไป 1 วัน มีอุณหภูมิที่สูงหลังจากการผสมและมีฟองก๊าซ รวมถึงในส่วนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นพบว่าสลายตัวรุนแรงกว่าการใช้น้ำกลั่นและการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml

การเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆนี้คล้ายกับกรณีของการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดฟอร์มิกจะเข้าไปสะเทินกับโซเดียมคาร์บอเนตและเปลี่ยนเป็น HCO_3^- และ HCO_3^- จะถูกกรดสะเทินต่อให้กลายเป็น H_2CO_3 ซึ่ง H_2CO_3จะสลายตัวต่อไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำหลุดออกไป ซึ่งสอดคล้องกับการติดตามผลของตัวอย่างในวันถัดไป ที่พบว่าปริมาตรรวมของสารหลังจากผ่านไป 1 วันนั้นมีปริมาตรน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำกลั่นผสมในวันที่ 1 ที่คาดว่าปริมาตรของสารผสมที่หายไปเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระเหยออกไป นอกจากนี้เองยังพบว่าในวันที่ 1 หลังจากการเตรียมตัวอย่างค่า pH ของเริ่มต้นของสารตัวอย่างนั้นสูงกว่าค่า pH ในวันที่ 1 ที่คาดว่าอาจเป็นมาจากการมีอยู่ของโซเดียมฟอร์เมตที่ส่งผลให้ค่า pH ของสารตัวอย่างเพิ่มขึ้นนั่นเอง ดังนั้นการมีคาร์บอเนตจะสะเทินกรดฟอร์มิกกลายเป็นเป็นฟอร์เมตไอออน ที่เป็นเกลือของกรดอ่อนสามารถรับโปรตอนจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความเป็นกรดที่แรงกว่าน้ำ ดังนั้นถ้ามีเบสปนอยู่จะทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จ่ายโปรตอนให้เบสและกลายเป็นเปอร์ไฮดรอกซิลแอนไอออน (HOO-) และทำให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตามมา [24]

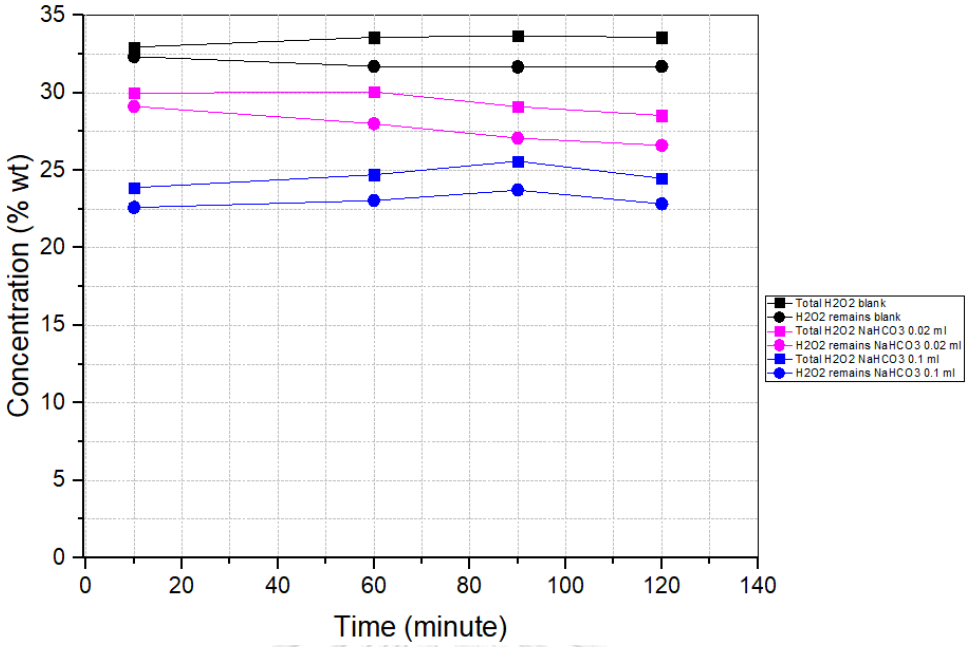
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY


Concentration (% wt)
Time (minute)
0
5
10
15
20
25
0
20
40
60
80
100
120
140
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaHCO3 0.02 ml
FA remain NaHCO3 0.02 ml
PFA formed NaHCO3 0.02 ml
Total acid NaHCO3 0.1 ml
FA remain NaHCO3 0.1 ml
PFA formed NaHCO3 0.1 ml

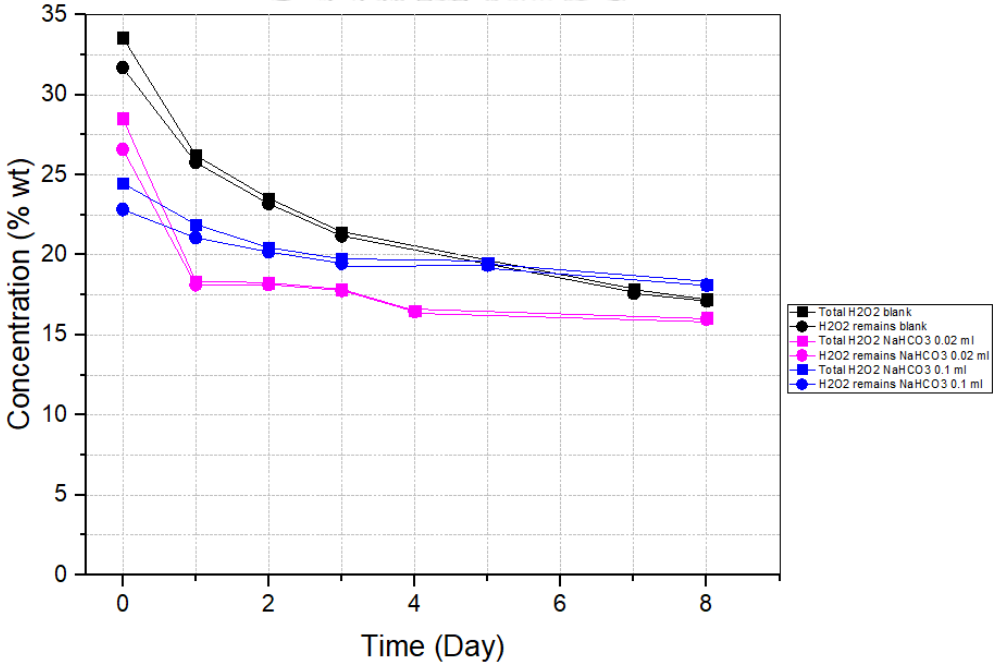
(ก)


Concentration (% wt)
Time (Day)
0
5
10
15
20
25
0
2
4
6
8
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaHCO3 0.02 ml
FA remain NaHCO3 0.02 ml
PFA formed NaHCO3 0.02 ml
Total acid NaHCO3 0.1 ml
FA remain NaHCO3 0.1 ml
PFA formed NaHCO3 0.1 ml

(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมคาร์บอเนตปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.12 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 ในภาพที่ 4.12ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.12 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.12ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			$NaHCO_3$ 0.02 ml			$NaHCO_3$ 0.1 ml		
	Total Acid	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	19.84	19.3	1.1	19.23	18.09	1.54	19.02	17.38	2.21
60	22.6	20.06	3.42	19.12	16.33	3.76	17.45	15.64	2.44
90	19.06	16.36	3.65	18.15	15.39	3.72	18.45	15.79	3.57
120	18.87	16.33	3.43	14.98	12.36	3.53	17.48	15.00	3.35

(ข)

Day	Distilled water			$NaHCO_3$ 0.02 ml			$NaHCO_3$ 0.1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.87	16.33	3.43	14.98	12.36	3.53	17.48	15.00	3.35
1	12.40	11.64	1.02	3.63	3.30	0.44			
2	9.28	8.66	0.83	2.81	2.67	0.19	3.71	3.35	0.48
3	7.30	6.99	0.42	2.35	2.26	0.12	3.09	2.85	0.30
4				1.49	1.40	0.11			
5							2.09	1.94	0.20
6									
7	3.99	3.65	0.46						
8	2.84	2.70	0.19	1.35	1.24	0.16	1.36	1.33	0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		$NaHCO_3$ 0.02 ml		$NaHCO_3$ 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
10	32.94	32.33	29.97	29.12	23.88	22.60
60	33.57	31.70	30.06	28.00	24.71	23.05
90	33.66	31.66	29.10	27.07	25.58	23.72
120	33.57	31.69	28.53	26.60	24.47	22.83

(ง)

Day	Distilled water		$NaHCO_3$ 0.02 ml		$NaHCO_3$ 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
0	33.57	31.69	28.53	26.60	24.47	22.83
1	26.22	25.77	18.36	18.12	21.90	21.07
2	23.53	23.19	18.25	18.14	20.45	20.18
3	21.43	21.17	17.85	17.78	19.74	19.47
4			16.51	16.45		
5					19.46	19.35
6						
7	17.83	17.59				
8	17.21	17.11	16.06	15.98	18.12	18.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

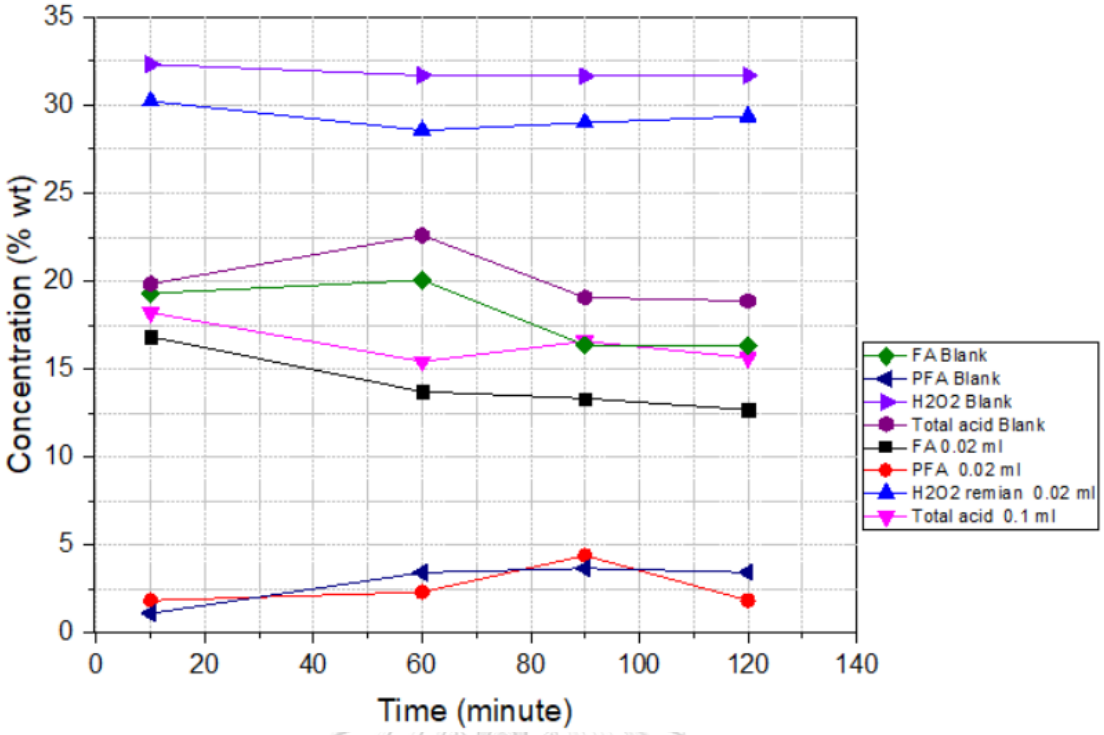
4.1.4 สารละลายแอนไอออนโซเดียมไบคาร์บอเนต

จากผลการทดลองการเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกพบว่ามีผลคล้ายคลึงกับตัวอย่างที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต คือส่งผลให้เกิดปฏิกิริยารุนแรงภายใน 90 นาทีหลังทำการผสม โดยพบว่าสารผสสมมีอุณหภูมิสูงประมาณ 42 ^{o}C ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้มีการปนเปื้อนของโซเดียมไบคาร์บอเนตในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก

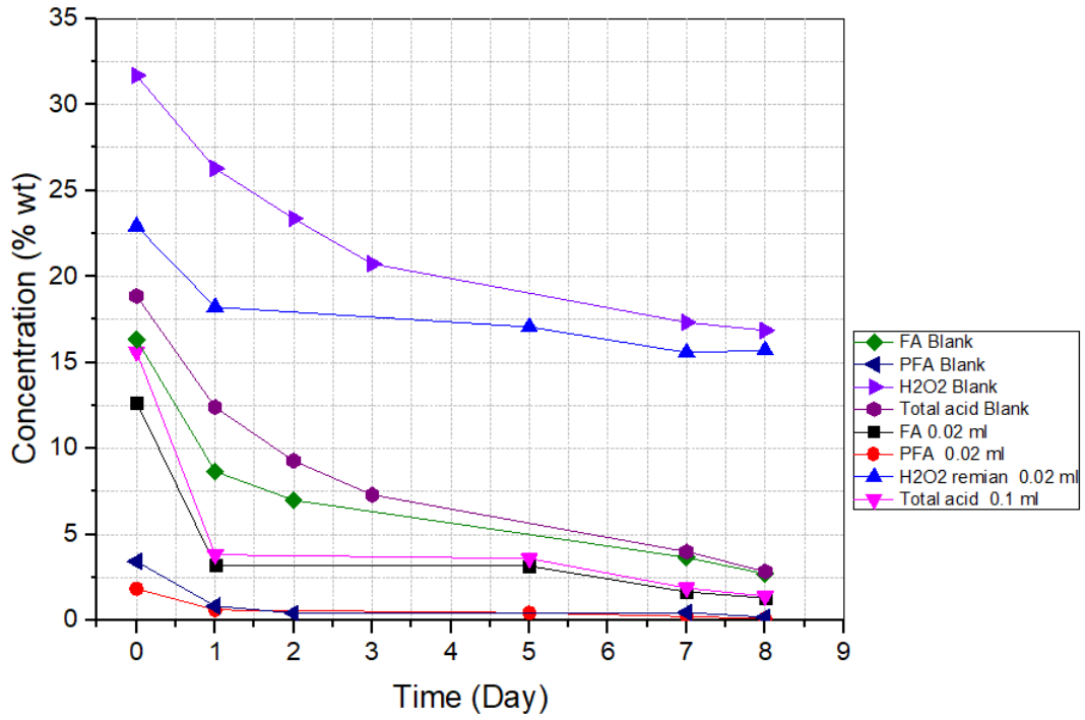
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml.

จากผลการทดลองเมื่อเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณ 0.02 ml. พบว่าในช่วงแรกปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นอยู่ที่ 21.75 %wt ซึ่งน้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นในการผสม อีกทั้งความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไซด์ยังมีแนวโน้มคงที่ตลอดจนถึงนาทีที่ 120 หลังจากทำการผสม นอกจากนี้เองปริมาณกรดฟอร์มิกลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 10 นาที (16.84 %wt) จนถึง 120 นาทีหลังจากการผสมพบว่ากรดฟอร์มิกมีปริมาณเหลือ 12.68 %wt ซึ่งปริมาณกรดฟอร์มิกที่วัดได้นั้นน้อยกว่าการใช้น้ำกลั่น สาเหตุหนึ่งของการลดลงของกรดฟอร์มิกส่วนหนึ่งอาจมาจากกรดฟอร์มิกนั้นสลายตัวไปเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สังเกตุได้จากปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการผสมเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาปริมาณของกรดรวมก็พบว่าลดลงน้อยกว่าน้ำกลั่นอย่างมีนัยยะสำคัญเช่นกัน อย่างไรก็ตามปริมาณกรดทั้งหมดก็ลดลงตามเวลาเช่นกันซึ่งอาจหมายความว่ากรดฟอร์มิกก่อตัวเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกและสลายตัวเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำต่อไป

วันที่ 1 หลังจากผสมพบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นจาก 22.93 wt% ในวันที่ 0 เหลือ 18.22 %wt ซึ่งคาดว่าหลังจากการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิก 120 นาทีแล้วไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังสลายตัวอย่างต่อเนื่องแต่มีแนวโน้มลดลงค่อนข้างคงที่ในจนถึงวันที่ 8 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังคงหลงเหลืออยู่ 15.71 %wt ซึ่งแตกต่างจากปริมาณกรดที่สลายตัวอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 1 ปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกเหลือเพียง 0.60 %wt และปริมาณกรดฟอร์มิกเหลือเพียง 3.22 %wt และหลังจากวันที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นของกรดจะลดลงอย่างช้าๆ



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml วันที่ 0



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.13 และ 4.14 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.13 วันที่ 0 – 8 ในภาพที่ 4.14

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	30.23	16.84	1.83	18.20
60 นาที	28.57	13.71	2.31	15.42
90 นาที	29.01	13.32	4.39	16.58
120 นาที	29.36	12.68	1.83	15.63

(ข)

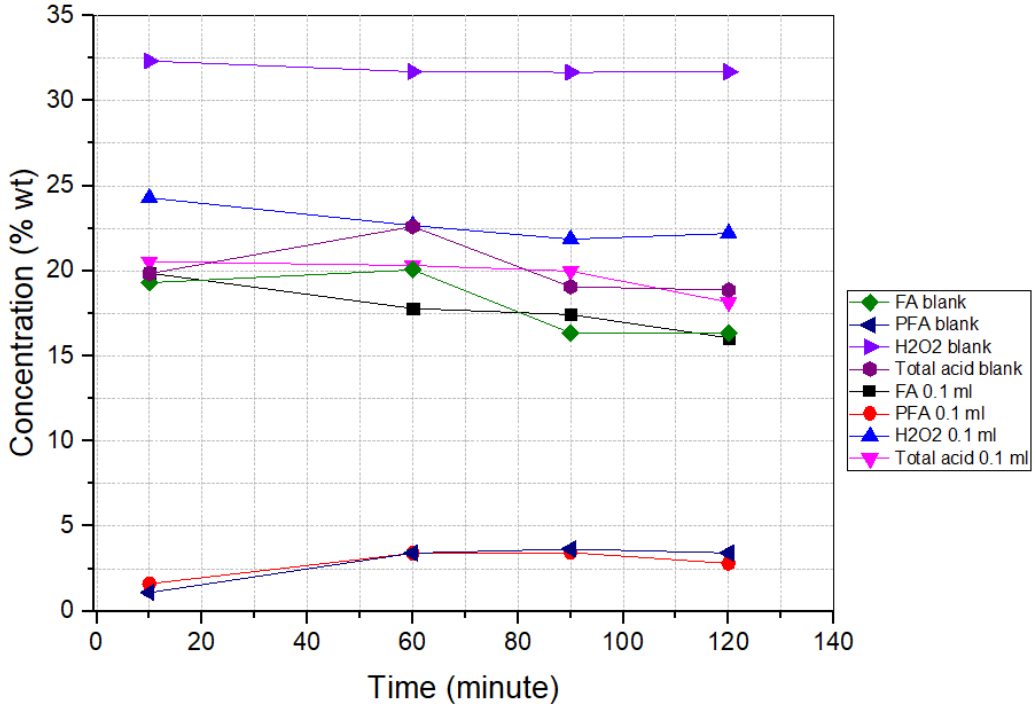
Time (Day)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	22.93	12.68	1.83	15.63
วันที่ 1	18.22	3.22	0.60	3.81
วันที่ 2				
วันที่ 3				
วันที่ 4				
วันที่ 5	17.06	3.16	0.44	3.60
วันที่ 6				
วันที่ 7	15.58	1.65	0.22	1.88
วันที่ 8	15.71	1.30	0.10	1.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

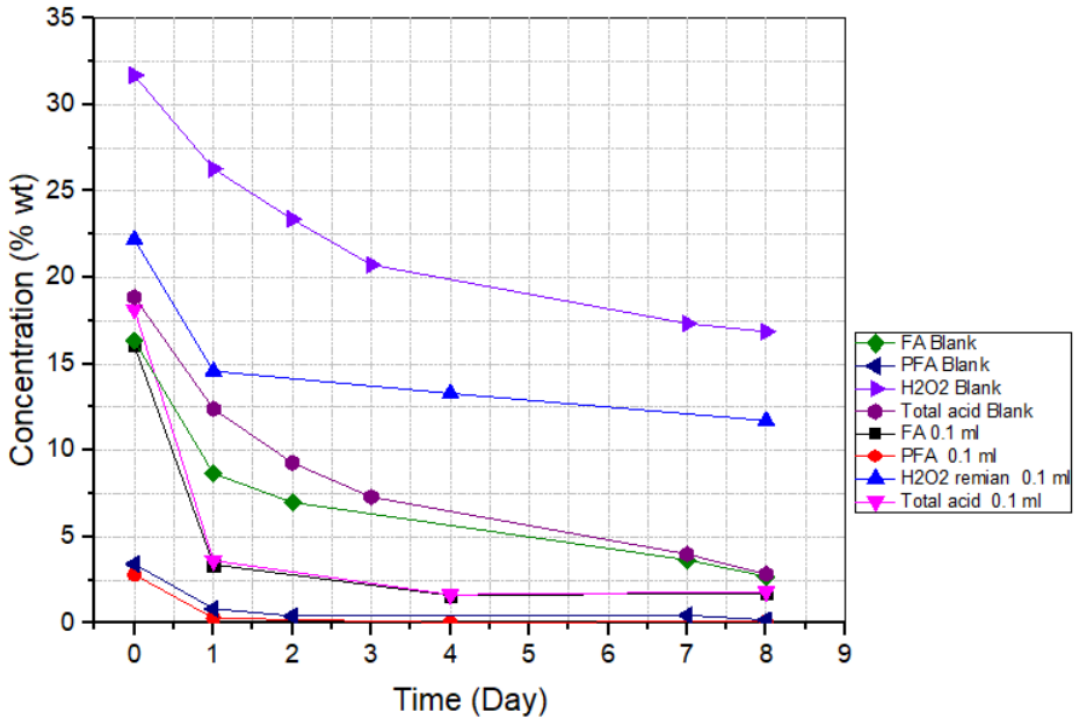
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 ml.

จากผลการทดลองการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตในการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิก 0.1 ml. พบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวตั้งแต่ 10 นาทีแรก มีความเข้มข้น 24.28 %wt สังเกตุได้ว่าจะมีปริมาณน้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นผสม และยังคงลดลงหลังจากผ่านไป 60 นาที หลังจากนั้นจึงคงที่จนถึง 120 นาที ในส่วนของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นพบว่าถึงแม้การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตจะส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัว แต่กรดเปอร์ฟอร์มิกยังคงก่อตัวอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 10 นาทีหลังจากการผสม โดยกรดเปอร์ฟอร์มิกจะมีปริมาณสูงสุดในช่วง 60-90 นาที หลังจากการผสมและมีปริมาณลดลงในนาทีที่ 120 ในระหว่างทำการทดลองพบว่า สารผสมนั้นมีอุณภูมิสูงมีไอเกาะบริเวณภาชนะและมีฟองก๊าซเกิดขึ้นซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดเปอร์ฟอร์มิก เนื่องจากเมื่อผ่านไป 1 วันสารผสมถูกนำมาติดตามผลพบว่า ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงเหลือ 14.58 ซึ่งน้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นผสมอย่างมีนัยยะสำคัญ อีกทั้งปริมาณกรดทั้งหมดนั้นเหลือเพียง 3.39 %wt

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 mlในวันที่ 0



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 mlในวันที่ 0-8

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.15 และ 4.16 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.15 วันที่ 0 – 8 ในภาพที่ 4.16

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	24.28	19.87	1.61	20.54
60 นาที	22.66	17.79	3.41	20.31
90 นาที	21.86	17.43	3.45	19.99
120 นาที	22.19	16.06	2.81	18.15

(ข)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	22.19	16.06	2.81	18.15
วันที่ 1	14.58	3.39	0.3	3.62
วันที่ 2				
วันที่ 3				
วันที่ 4				
วันที่ 5	13.29	1.60	0.04	1.64
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	11.72	1.70	0.11	1.71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

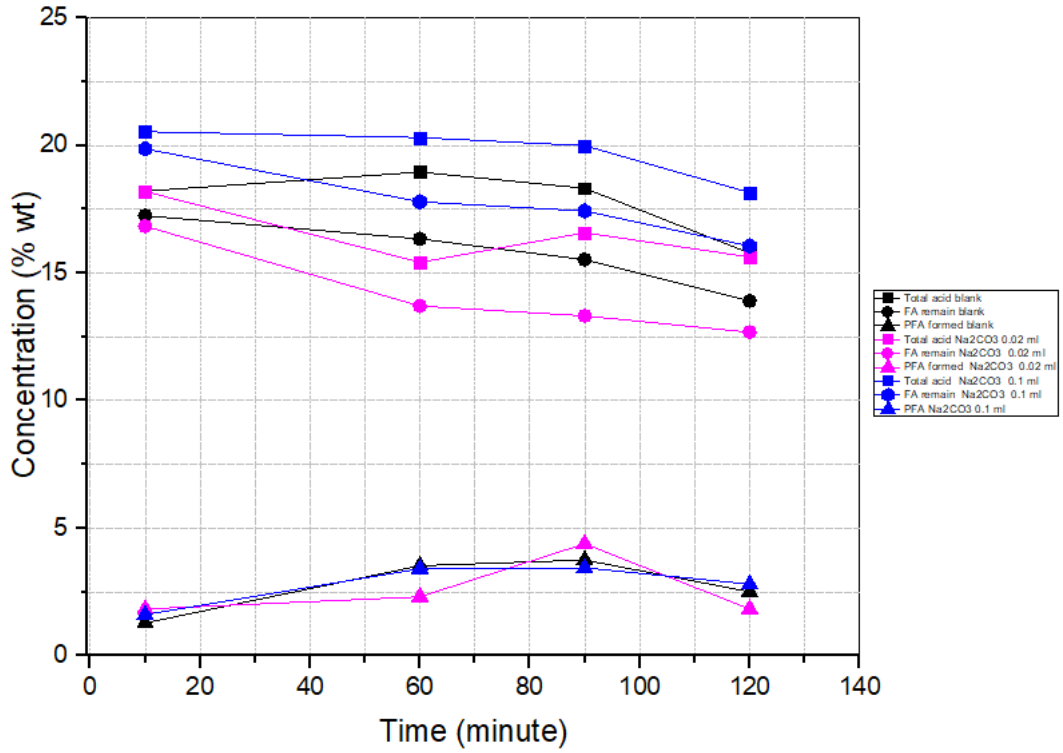
การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml และ 0.1 ml

จากภาพที่ 4.17 แสดงผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่างๆในการเติมโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml และ 0.1 ml จากผลที่ได้ออกมาปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นมีความใกล้เคียงกัน สำหรับตัวอย่างที่เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml จะได้ความเข้นข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุดใน 4.39 %wt ที่เวลา 90 นาที และตัวอย่างที่เติมสารละลายโซดียมไบคาร์บอเนต 0.1 ml จะได้ความเข้มขข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุดที่ 3.45 %wt ที่เวลา 90 นาที หลังจากนั้นในวันถัดไปก็พบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวจนหมด

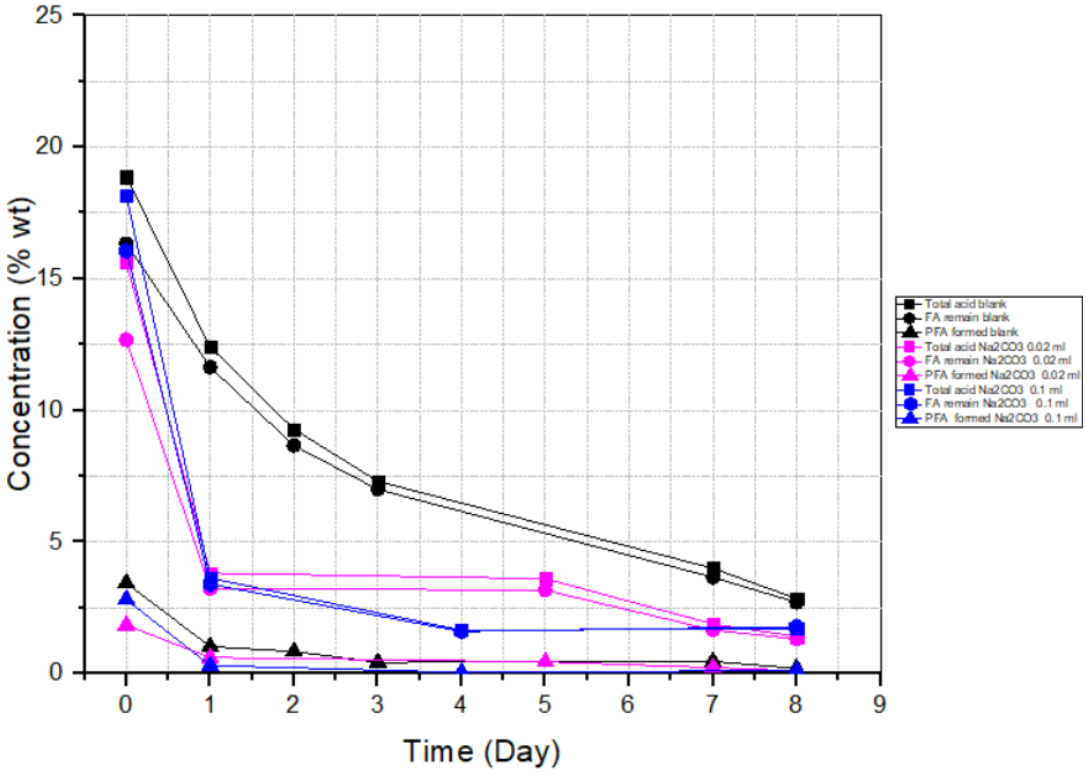
สำหรับตัวอย่างที่เติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml พบว่าความเข้มข้นของกรดรวมในวันที่ 0 นั้นมีค่าใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่น และความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าการใช้น้ำกลั่นเล็กน้อย แต่มีค่าลดลงเร็วกว่าการใช้น้ำกลั่นอย่างเห็นได้ชัดในวันถัดไป ซึ่งบ่งชี้ว่าการเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml ไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดกรเปอณฟอร์มิกแต่จะทำให้กรดรวมและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวได้เร็วกว่าการใช้น้ำกลั่น

ตัวอย่างที่มีการเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 ml พบว่าความเข้มข้นของกรดรวมในวันที่ 0 ใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่นแต่ระหว่างทำปฏิกิริยาพบว่ามีความร้อนสูงมากและเมื่อนำตัวอย่างมาวัดความเข้มข้นของกรดรวมในวันถัดไปก็พบว่าปริมาณกรดรวมนั้นเหลือน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้น้ำกลั่นและสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml ในส่วนของความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ก็พบว่ามีความเข้มข้นน้อยกว่าการใช้น้ำกลั่นและการเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.02 ml กล่าวคือการเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตนั้นส่งผลกรดเปอร์ฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งคาดว่า กรดฟอร์มิกเข้าไปสะเทินกับไบคาร์บอเนตให้กลายเป็น H_2CO_3ซึ่ง H_2CO_3 จะสลายตัวต่อไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำหลุดออกไป โดยจากการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดฟอร์มิกวิถีทางนี้สามารถยืนยันได้จากปริมาตรรวมของสารตัวอย่างที่น้อยลงในวันถัดไป นอกจากนี้เองค่า pH เริ่มต้นยังมีค่าสูงกว่าค่า pH ในวันที่ 0 [24]

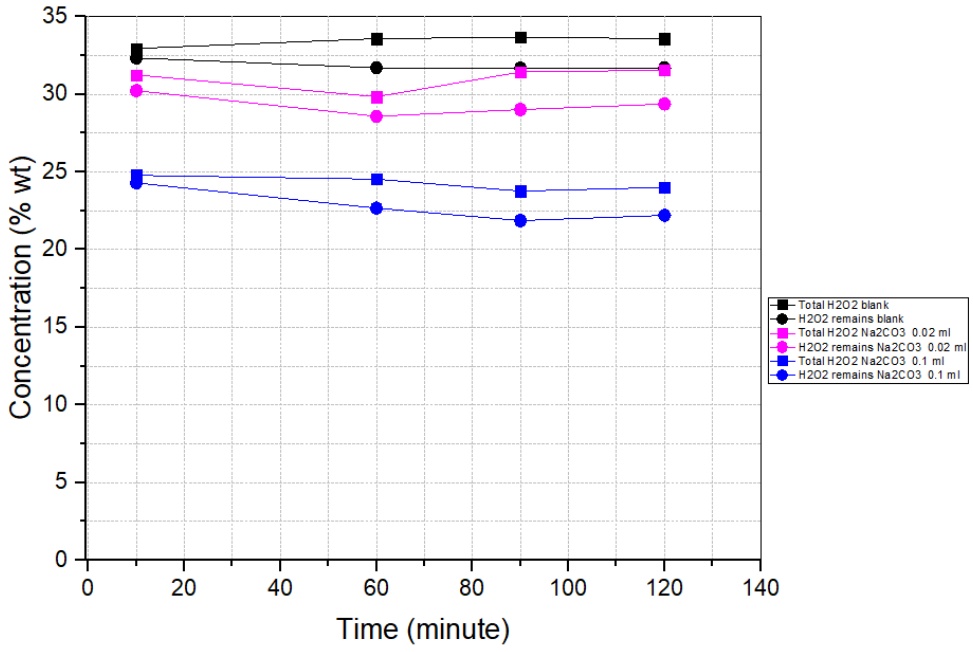
ดังนั้นการมีสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตปนเปื้อนในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นส่งผลในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และปริมาณกรดรวมลดลงอย่างมาก รวมถึงมีปฏิกิริยาที่รุนแรงจึงควรระมัดระวังเรื่องการปนเปื้อนของโซเดียมไบคาร์บอเนตในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก


Concentration (% wt)
Time (minute)
0
5
10
15
20
25
0
20
40
60
80
100
120
140
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid Na2CO3 0.02 ml
FA remain Na2CO3 0.02 ml
PFA formed Na2CO3 0.02 ml
Total acid Na2CO3 0.1 ml
FA remain Na2CO3 0.1 ml
PFA Na2CO3 0.1 ml

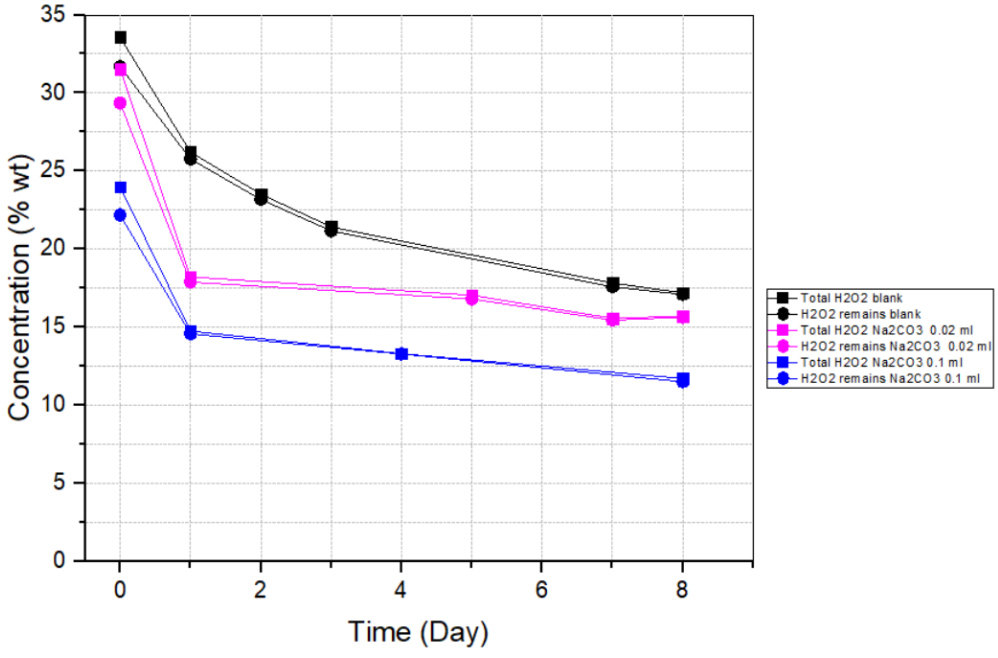
(ก)


Concentration (% wt)
Time (Day)
0
5
10
15
20
25
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid Na2CO3 0.02 ml
FA remain Na2CO3 0.02 ml
PFA formed Na2CO3 0.02 ml
Total acid Na2CO3 0.1 ml
FA remain Na2CO3 0.1 ml
PFA formed Na2CO3 0.1 ml

(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนตปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.17 ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.17 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.17ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.17ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			Na_2CO_3 0.02 ml			Na_2CO_3 0.1 ml		
	Total Acid	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	19.84	19.3	1.1	18.20	16.84	1.83	20.54	19.87	1.61
60	22.6	20.06	3.42	15.42	13.71	2.31	20.31	17.79	3.41
90	19.06	16.36	3.65	16.58	13.32	4.39	19.99	17.43	3.45
120	18.87	16.33	3.43	15.63	12.68	1.83	18.15	16.06	2.81

(ข)

Day	Distilled water			Na_2CO_3 0.02 ml			Na_2CO_3 0.1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.87	16.33	3.43	15.63	12.68	1.83	18.15	16.06	2.81
1	12.40	11.64	1.02	3.81	3.22	0.60	3.62	3.39	0.3
2	9.28	8.66	0.83						
3	7.30	6.99	0.42						
4							1.64	1.60	0.04
5				3.60	3.16	0.44			
6									
7	3.99	3.65	0.46	1.88	1.65	0.22			
8	2.84	2.70	0.19	1.40	1.30	0.10	1.70	1.71	0.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ค)

Minute	Distilled water		Na_2CO_3 0.02 ml		Na_2CO_3 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
10	32.94	32.33	31.24	30.23	24.77	24.28
60	33.57	31.70	29.83	28.57	24.52	22.66
90	33.66	31.66	31.42	29.01	23.76	21.86
120	33.57	31.69	31.54	29.36	24.00	22.19

(ง)

Day	Distilled water		Na_2CO_3 0.02 ml		Na_2CO_3 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
0	33.57	31.69	31.54	29.36	24.00	22.19
1	26.22	25.77	18.22	17.89	14.76	14.58
2	23.53	23.19				
3	21.43	21.17				
4					13.31	13.29
5			17.06	16.82		
6						
7	17.83	17.59	15.58	15.46		
8	17.21	17.11	15.71	15.65	11.72	11.51

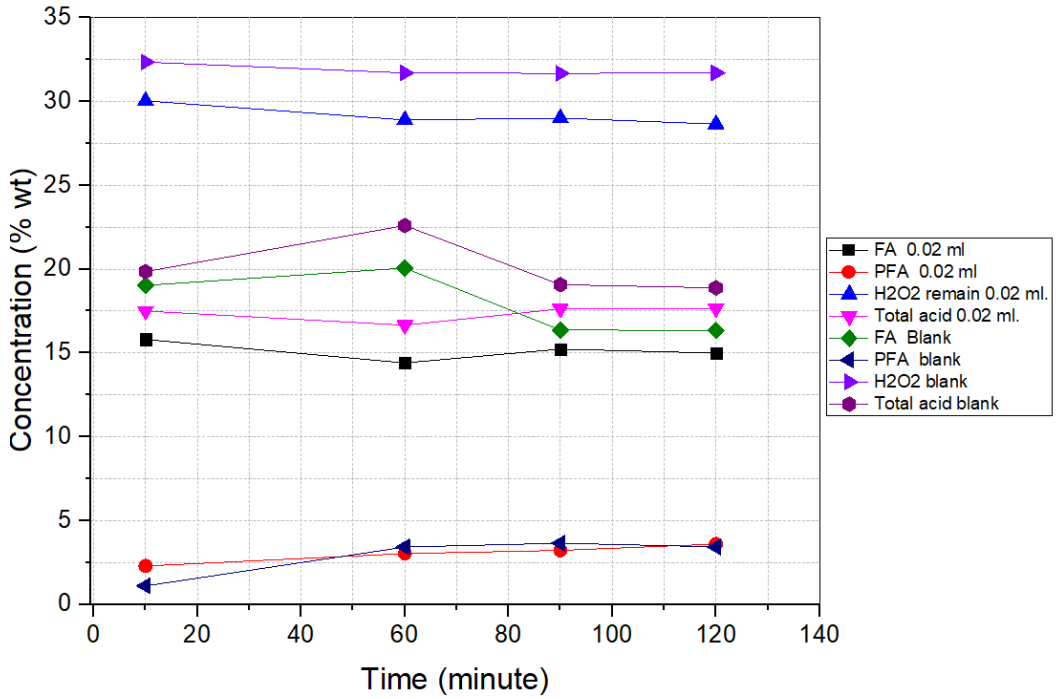
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.5 สารละลายแอนไอออนโซเดียมไนไตรท์ $NaNO_2$

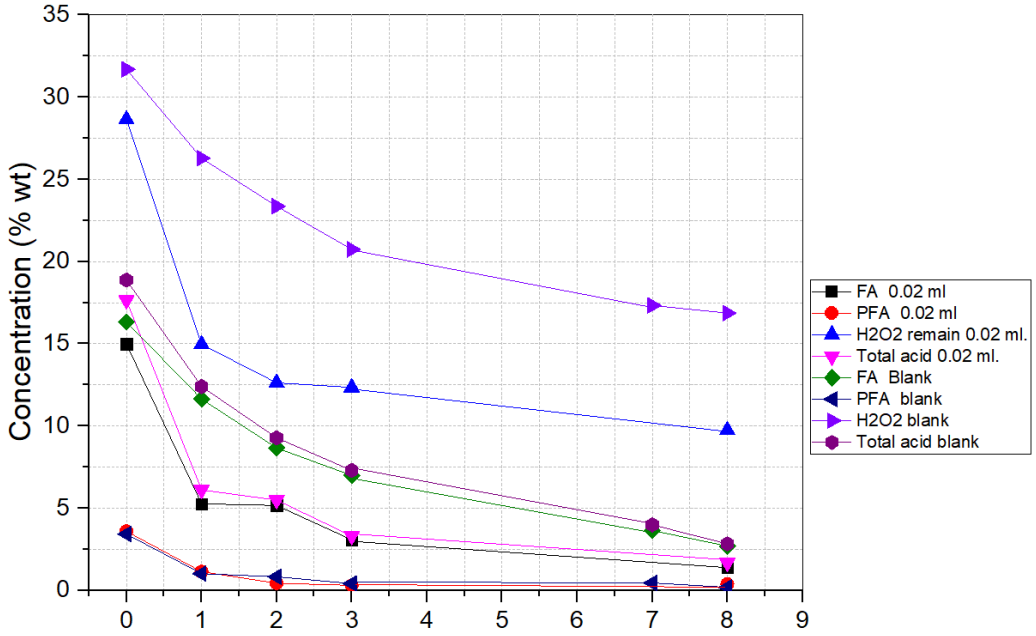
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml.

ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่ที่โซเดียมไนไตรท์ปนเปื้อนอยู่ 0.02 ml พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในช่วง 10 นาทีแรกนั้นมีปริมาณ 30 %wt แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 60 -120 นาทีความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตวามเข้มข้นของไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงเหลือ 28.89%wt, 31.96 %wt , 28.64 %wt ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำกลั่นผสมเล็กน้อย ในขณะที่กรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นก่อตัวอย่างรวดเร็วตั้งแต่นาทีที่ 10 และมีค่าสูงสุดในเมื่อระยะเวลาผ่านไป 120 นาที ซึ่งอยู่ที่ 3.59 %wt ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่นในการผสม แต่หากมองในแง่ของปริมาณกรดรวมเมื่อระยะเวลาผ่านไป 120 นาทีนั้นพบว่าปริมาณกรดรวมนั้นมีค่าคงที่ตั้งแต่ 10-120 นาทีหลังผสม หลังจากถูกวัดความเข้มข้นโดยการไทรเทรตจนครบ 120 นาทีแล้วสารผสมถูกเก็บไว้ในขวด HDPE และทำการเจาะรูบริเวณฝาไว้เพื่อระบายไอในกรณีที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงและถูกนำมาวัดไตรเทรทเพื่อหาปริมาณกรดและโซเดียมไฮดรอกไซด์ในวันถัดไป โดยในวันที่ 1 หลังจากทำการผสมความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงเหลือเพียง 14.96%wtและลดลงอย่างต่อเนื่องโดยในวันที่ 8 ความเข้มข้นเหลือเพียง 9.74 %wt เช่นเดียวกันกับปริมาณกรดในวันที่ 1 ความเข้มข้นของกรดรวมนั้นลดลงเหลือเพียง 6.11 %wt และมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างช้าๆในทุกๆวัน โดยในวันที่ 8 นั้นความเข้มข้นของกรดรวมคงเหลือเพียง 1.67 %wt ซึ่งถือว่าน้อยมากการติดตามตัวอย่างนี้จึงหยุดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml. ในวันที่ 0



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml. วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.18 และ 4.19 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.18 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.19

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	30.02	19.24	1.38	20.26
60 นาที	28.89	17.47	3.10	19.78
90 นาที	29.5	16.55	2.96	18.75
120 นาที	28.64	15.92	3.13	18.26

(ข)

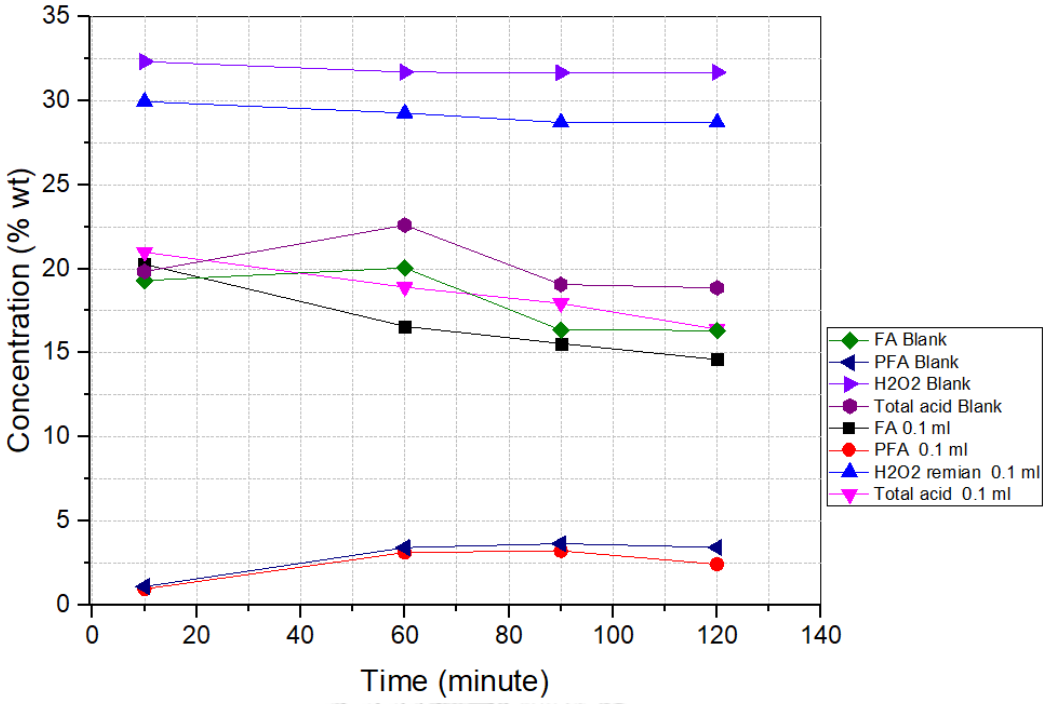
Time (Day)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	28.64	15.92	3.13	18.26
วันที่ 1	28.64	14.98	3.59	17.65
วันที่ 2	14.96	5.27	1.14	6.11
วันที่ 3	12.63	5.17	0.44	5.49
วันที่ 4	12.35	3.08	0.31	3.30
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	9.74	1.38	0.39	1.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

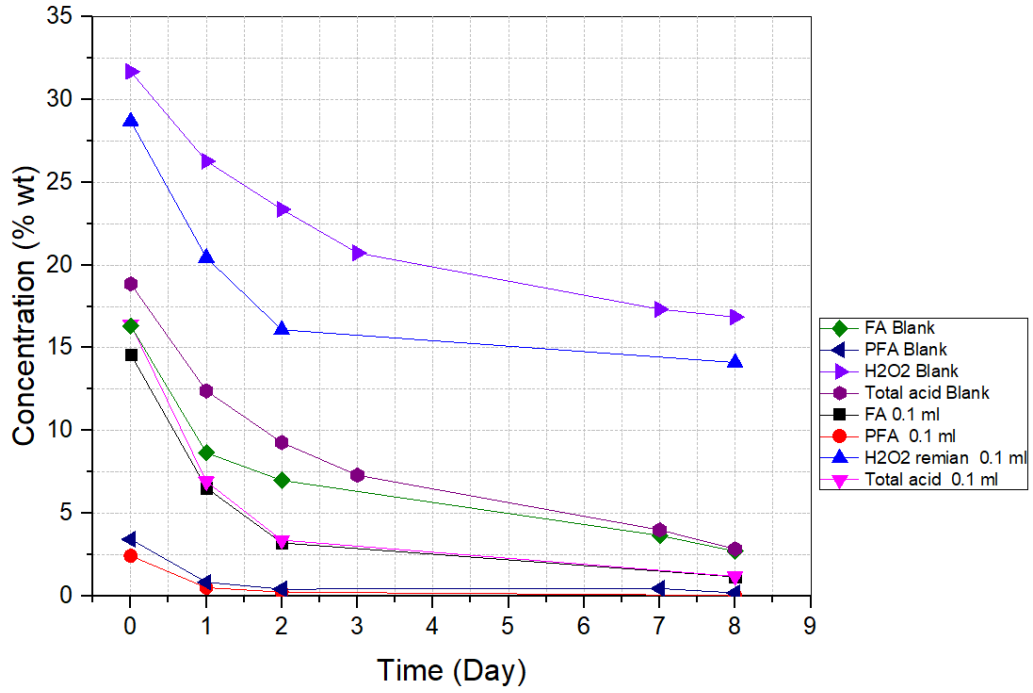
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ 0.1 ml.

ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ละลายปนอยู่ พบว่าความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ในช่วง 10-120 นาทีนั้นอยู่ที่ 29-30 %wt ซึ่งหลังผ่านไป 3 ชั่วโมงพบว่าสารผสมมีอุณหภูมิสูงมีฟองก๊าซเดือดและมีไอน้ำออกมาจากรูของขวด HDPE และเมื่อนำมาทำการไทรเทรตในวันที่ 1 นั้นความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เหลือ 20.45 %wt ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำกลั่น ซึ่งนอกจากส่งผลต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แล้วยังพบความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกและกรดรวมนั้นลดลงต่ำกว่าการใช้น้ำกลั่นโดยปริมาณกรดรวมในช่วง 10 นาทีแรกนั้นอยู่ที่ 20.98%wt ซึ่งเป็นกรดฟอร์มิก 20.3%wt และ กรดเปอร์ฟอร์มิก 0.97 %wt นอกจากนี้ปริมาณกรดรวมยังมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 120 ของการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิกซึ่งวัดค่าได้ 16.41%wt การสลายตัวของปริมาณกรดฟอร์มิกนั้นอาจส่งผลต่อการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกเนื่องจากสังเกตุได้ว่าการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นสูงสุดเพียงแค่นาทีที่ 90 (3.23 %wt) หลังจากนั้นก็ลดลงในนาทีที่ 120 (2.43%wt) ซึ่งแตกต่างจากการใช้น้ำกลั่นที่มีการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มมิกมากขึ้นและสูงสุดในนาทีที่ 120 และเมื่อผ่านไป 1 วันพบว่าความปริมาณกรดรวมลดลงเหลือเพียง 6.91 %wt ซึ่งเป็นกรดฟอร์มิก 6.54%wt และ กรดเปอร์ฟอร์มิก 0.5 %wt

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆโดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.1 ml. ในวันที่ 0



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆโดยใช้โซเดียมไนไตรท์ 0.1 ml. ในวันที่ 0-8

ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.20 และ 4.11 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.20 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.21

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	29.95	20.27	0.96	20.99
60 นาที	29.27	16.58	3.13	18.91
90 นาที	28.70	15.56	3.23	17.95
120 นาที	28.70	14.61	2.43	16.41

(ข)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	28.70	14.61	2.43	16.41
วันที่ 1	20.45	6.54	0.504	6.92
วันที่ 2	16.09	3.21	0.24	3.38
วันที่ 3				
วันที่ 4				
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	14.11	1.16	0.04	1.19

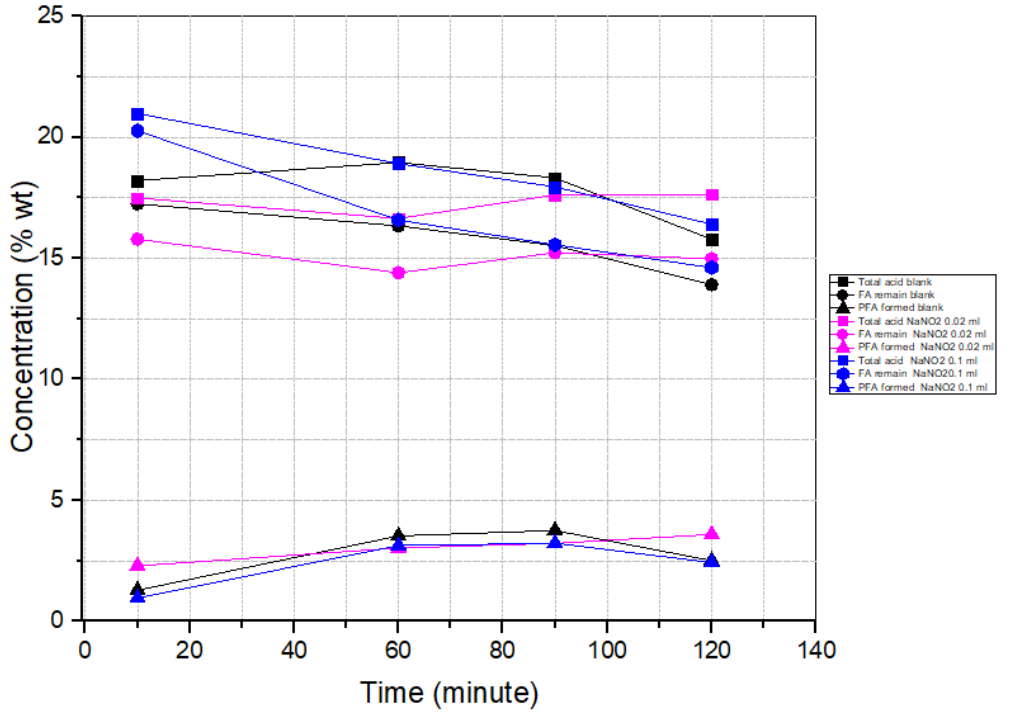
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml และ 0.1 ml

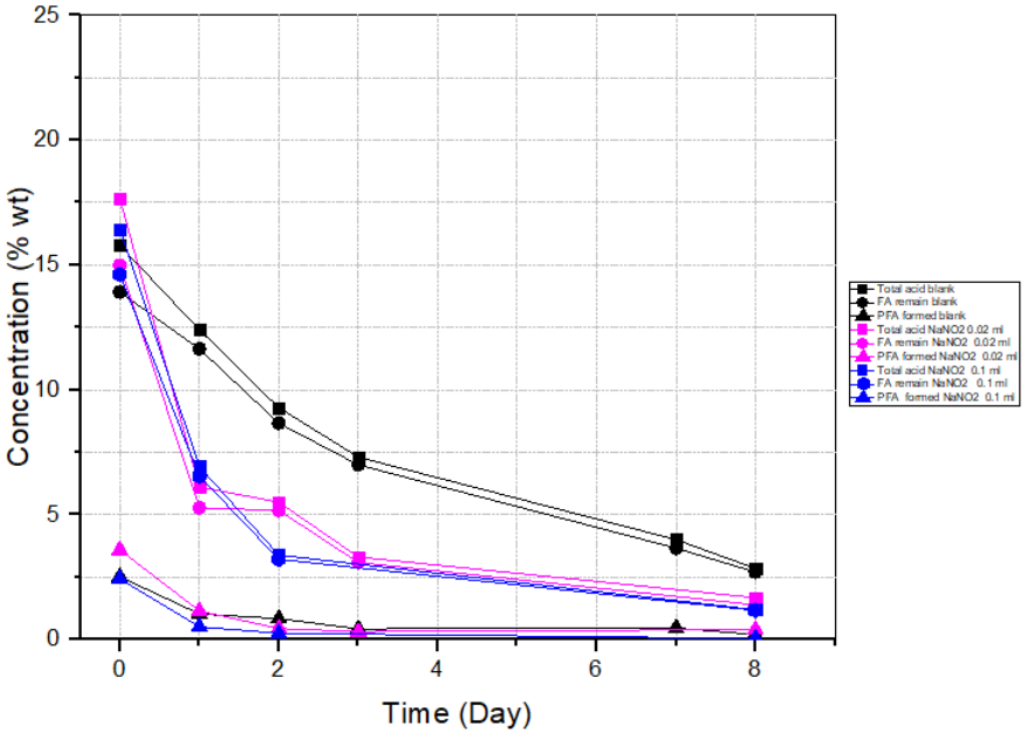
จากผลการเติมโซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml.และ 0.1 ml. นั้นแสดงว่าการใช้น้ำที่มีโซเดียมไนไตรท์นั้นเร่งให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวถึงแม้จะปริมาณน้อย โดยเกลือไนไตรท์อาจถูกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกซิไดซ์กลายเป็นไนเตรทไอออนซึ่งทำให้สภาวะที่เป็นกรดอาจเหมือนว่ามีกรดไนตริกละลายอยู่ทำให้เกลือไนเตรทนั้นก่อปัญหาให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวใน นอกจากนี้ไนไตรท์ก็เป็นเกลือกรดอ่อนที่สามารถรับโปรตอนจากกรดฟอร์มิก ทำให้เกิดฟอร์เมทไอออนขึ้นในปฏิกิริยาโดยฟอร์เมทไอออนมีคุณสมบัติเป็นเบสสามารถรับโปรตอนจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความเป็นกรดที่แรงกว่าน้ำ ดังนั้นถ้ามีเบสปนอยู่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะให้โปรตอนกับเบสและกลายเป็นไฮดรอกซิลไอออน (HOO-) และส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวตามมา

ดังนั้นสำหรับการทดลองนี้สรุปได้ว่าการเติมโซเดียมไนไตรท์ 0.02 ml. อาจส่งผลต่อการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ทำให้ปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นลดลง แต่หากเพิ่มปริมาณการเติมโซเดียมไนไตรท์เป็น 0.1 ml. นั้นส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวมากกว่าและยังส่งผลให้กรดเปอร์ฟอร์มิกลดลงและสลายตัวเร็วขึ้น ซึ่งการลดลงของกรดเปอร์ฟอร์มิกมาจากสองสาเหตุ ได้แก่ ไนเตรทไอออนในสภาวะที่เป็นกรดทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวโดยตรง และสาเหตุที่สองคือ ไนไตรท์ไอออนไปรับโปรตอนจากกรดฟอร์มิก ทำให้เกิดฟอร์เมทไอออนขึ้นระหว่างทำปฏิกิริยา

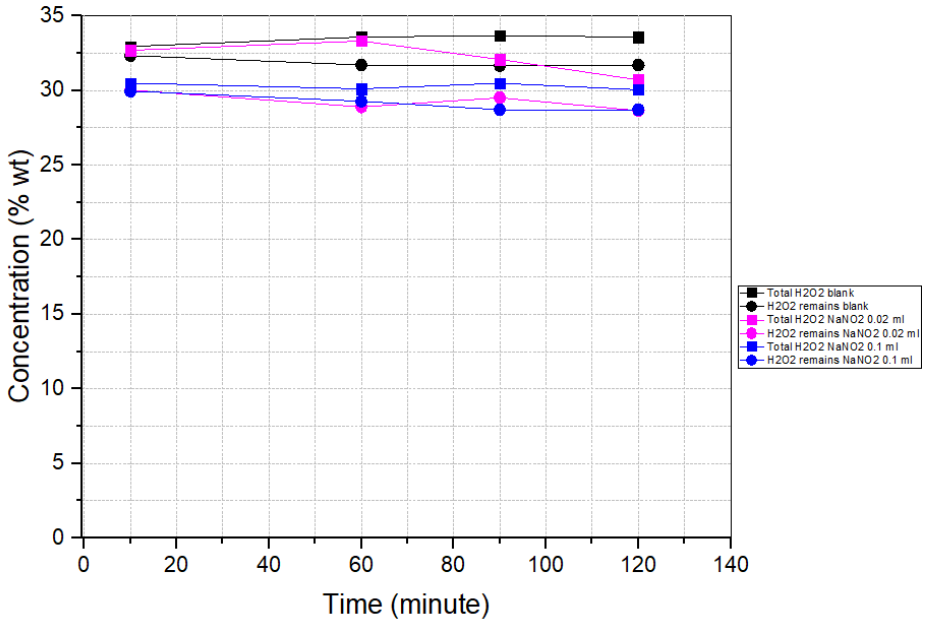
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY


Concentration (% wt)
Time (minute)
0
5
10
15
20
25
0
20
40
60
80
100
120
140
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaNO2 0.02 ml
FA remain NaNO2 0.02 ml
PFA formed NaNO2 0.02 ml
Total acid NaNO2 0.1 ml
FA remain NaNO20.1 ml
PFA formed NaNO2 0.1 ml

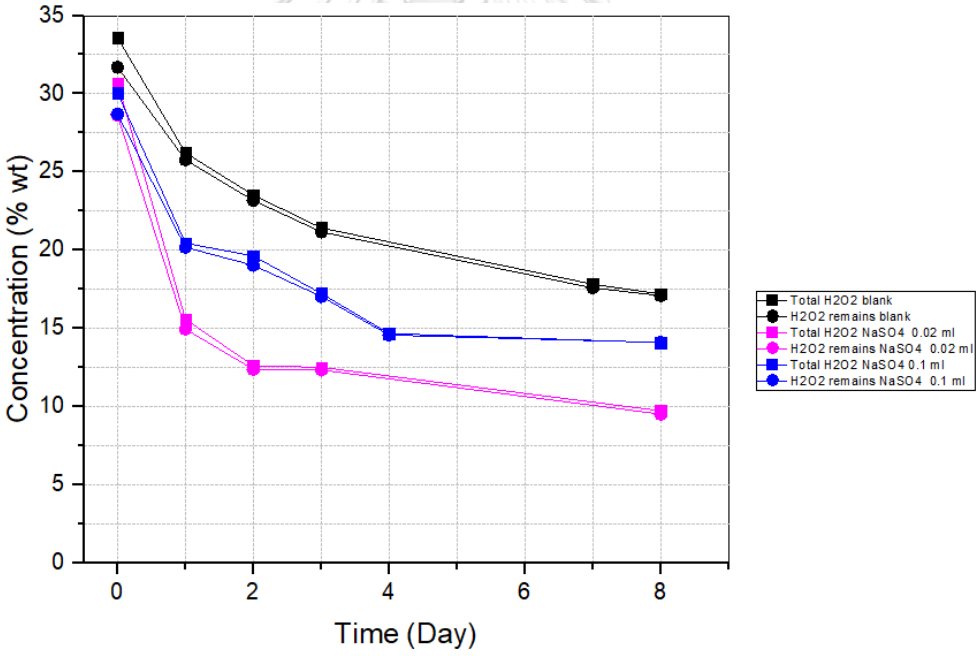
(ก)


Concentration (% wt)
Time (Day)
0
5
10
15
20
25
0
2
4
6
8
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaNO2 0.02 ml
FA remain NaNO2 0.02 ml
PFA formed NaNO2 0.02 ml
Total acid NaNO2 0.1 ml
FA remain NaNO2 0.1 ml
PFA formed NaNO2 0.1 ml

(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมไนไตรท์ (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมไนไตร์ทปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.22ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.22ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.22ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8 ในภาพที่ 4.22ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			$NaNO_2$ 0.02 ml			$NaNO_2$ 0.1 ml		
	Total Acid	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	19.84	19.3	1.1	20.26	19.23	1.37	20.99	20.27	0.96
60	22.6	20.06	3.42	19.78	17.47	3.10	18.91	16.58	3.13
90	19.06	16.36	3.65	18.75	16.55	2.96	17.95	15.56	3.23
120	18.87	16.33	3.43	18.26	15.93	3.13	16.41	14.61	2.43

(ข)

Day	Distilled water			$NaNO_2$ 0.02 ml			$NaNO_2$ 0.1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.87	16.33	3.43	18.26	15.93	3.13	16.41	14.61	2.43
1	12.40	11.64	1.02	6.11	5.27	1.14	6.92	6.54	0.504
2	9.28	8.66	0.83	5.49	5.17	0.44	3.38	3.21	0.24
3	7.30	6.99	0.42	3.30	3.08	0.31			
4									
5									
6									
7	3.99	3.65	0.46						
8	2.84	2.70	0.19	1.67	1.38	0.39	1.19	1.16	0.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		$NaNO_2$ 0.02 ml		$NaNO_2$ 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
10	32.94	32.33	32.68	30.02	30.48	29.95
60	33.57	31.70	33.31	28.89	30.10	29.27
90	33.66	31.66	32.07	29.5	30.47	28.70
120	33.57	31.69	30.70	28.64	30.04	28.70

(ง)

Day	Distilled water		$NaNO_2$ 0.02 ml		$NaNO_2$ 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
0	33.57	31.69	30.70	28.64	30.04	28.70
1	26.22	25.77	15.58	14.96	20.45	20.18
2	23.53	23.19	12.63	12.39	19.64	19.04
3	21.43	21.17	12.52	12.35	17.24	17.05
4					14.68	14.58
5						
6						
7	17.83	17.59				
8	17.21	17.11	9.74	9.53	14.10	14.11

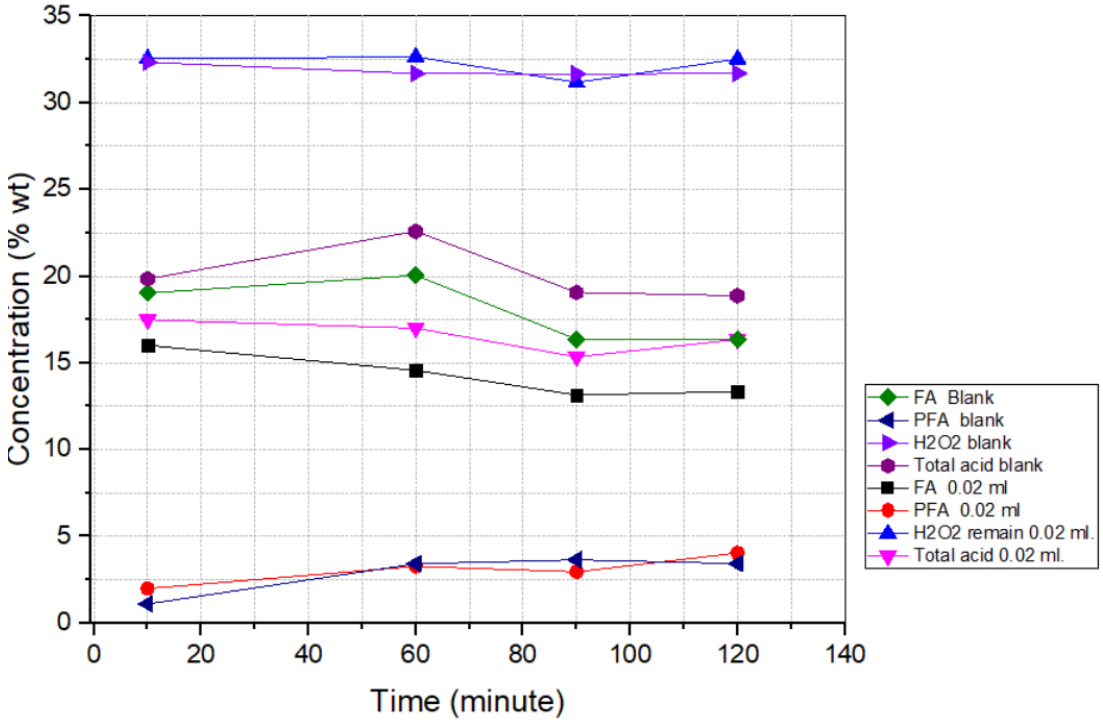
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.6 สารละลายแอนไอออนโซเดียมคลอไรด์ NaCl

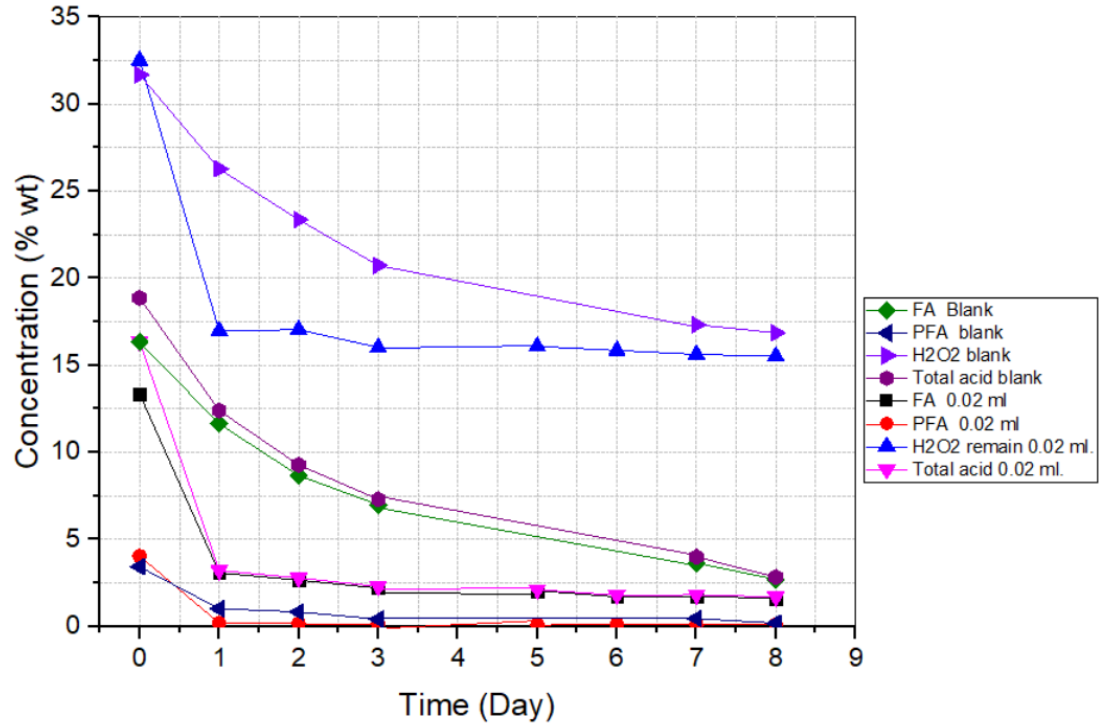
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml.

จากผลการทดลองใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml พบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้ผลคล้ายคลึงกับการใช้น้ำกลั่นในการผสม แต่โซเดียมคลอไรด์นั้นส่งผลให้กรดฟอร์มิกสลายตัว และปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกก่อตัวอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 10 นาทีแรก และมีค่าสูงสุดคือ 4.04 %wt ที่เวลา 120 นาที ตัวอย่างนี้พบว่าไม่ส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวในช่วง 120 นาทีหลังจากสม สังเกตุได้จากปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในรูปที่ 4.23 ที่ใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่นในการผสม แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วันพบว่าไฮโดรเจนเปอร์อกไซด์สลายตัวและลดลงอย่างมากหลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มคงที่ในวันถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ วันที่ 0



รูปที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.9 และ 4.10 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.9 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.10

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	30.63	21.16	0.63	21.63
60 นาที	30.61	17.71	2.51	19.57
90 นาที	30.10	17.97	3.43	20.52
120 นาที	30.31	16.65	3.1	18.95

(ข)

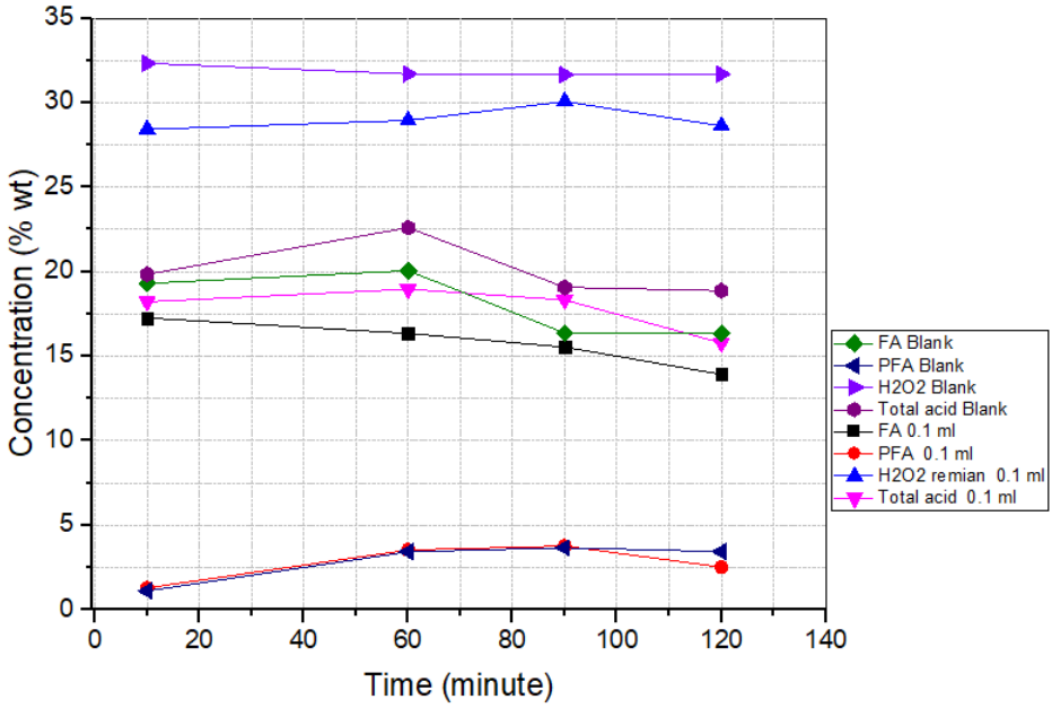
Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	30.31	16.65	3.1	18.95
วันที่ 1	16.98	9.64	0.72	10.18
วันที่ 2	16.97	6.20	0.69	6.71
วันที่ 3	15.94	5.52	0.25	5.71
วันที่ 4				
วันที่ 5	16.08	2.05	0.08	2.11
วันที่ 6	15.86	1.70	0.11	1.79
วันที่ 7	15.63	1.74	0.11	1.82
วันที่ 8	15.52	1.60	0.11	1.69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

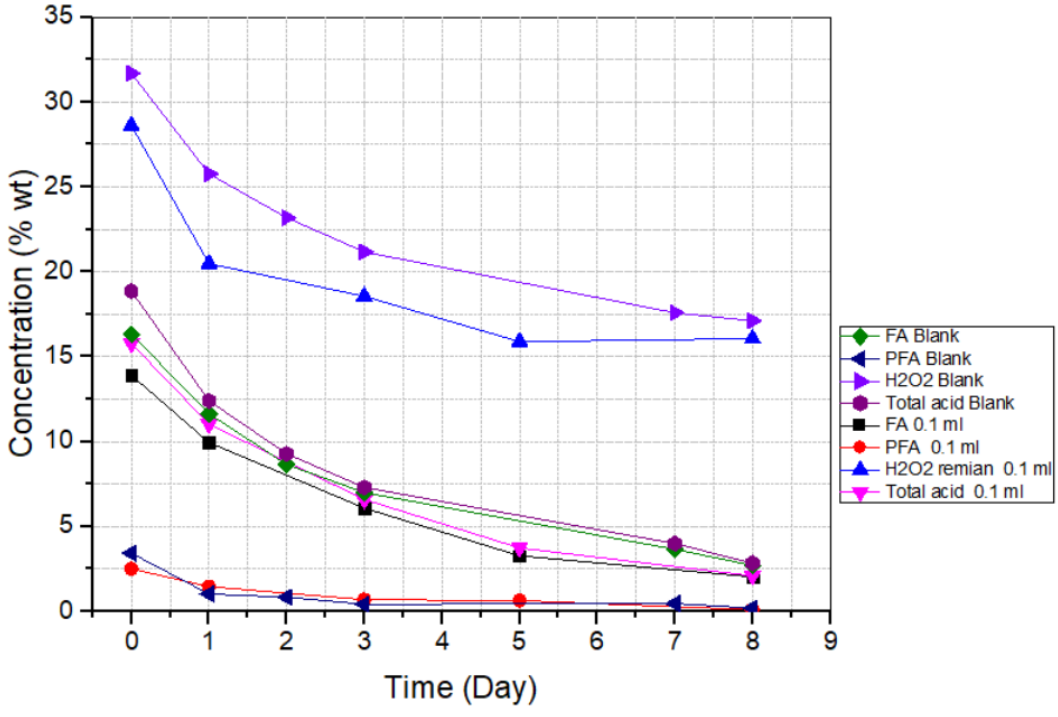
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml.

จากผลการทดลองการเติมแอนไอออนโซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml พบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงน้อยกว่ากว่าการใช้น้ำกลั่นเล็กน้อยและระหว่างทำการทดลองพบว่าสารผสมมีอุณหภูมิสูงและมีฟองก๊าซตั้งแต่ 90 นาทีหลังจากทำการผสม ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีปริมาณคงที่ใน 120 นาทีหลังจากการผสม ปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นตั้งแต่ 10 นาทีแรกหลังจากทำการผสม 1.28 %wt และเพิ่มปริมาณสูงสุดในช่วง 90 หลังจากการผสม 3.75 %wt และเมื่อนำสารผสมมาวัดช่วง 120 นาทีหลังจากการผสมก็พบว่าปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกลดลงเหลือ 2.51 %wt เมื่อผ่านไป 1 วันหลังจากการผสม สารผสมถูกนำมาวัดความเข้มข้นของสารต่างๆเพื่อติดตามผล พบว่า ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลงอย่างมาก กรดเปอร์ฟอร์มิกก็สลายตัวหมดเช่นกัน และนอกจากนี้ปริมาณกรดฟอร์มิกยังมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆในทุกวันจนถึงวันที่ 8 หลังทำการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml วันที่ 0



รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.25 และ 4.26 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.25 วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.26

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	28.42	17.25	1.28	18.21
60 นาที	28.95	16.34	3.53	18.96
90 นาที	30.07	15.53	3.75	18.32
120 นาที	28.62	13.91	2.51	15.78

(ข)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	28.62	13.91	2.51	15.78
วันที่ 1	20.48	9.94	1.46	11.02
วันที่ 2				
วันที่ 3	18.56	6.08	0.68	6.59
วันที่ 4				
วันที่ 5	15.89	3.27	0.63	3.73
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	16.06	2.03	0.09	2.09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml และ 0.1 ml

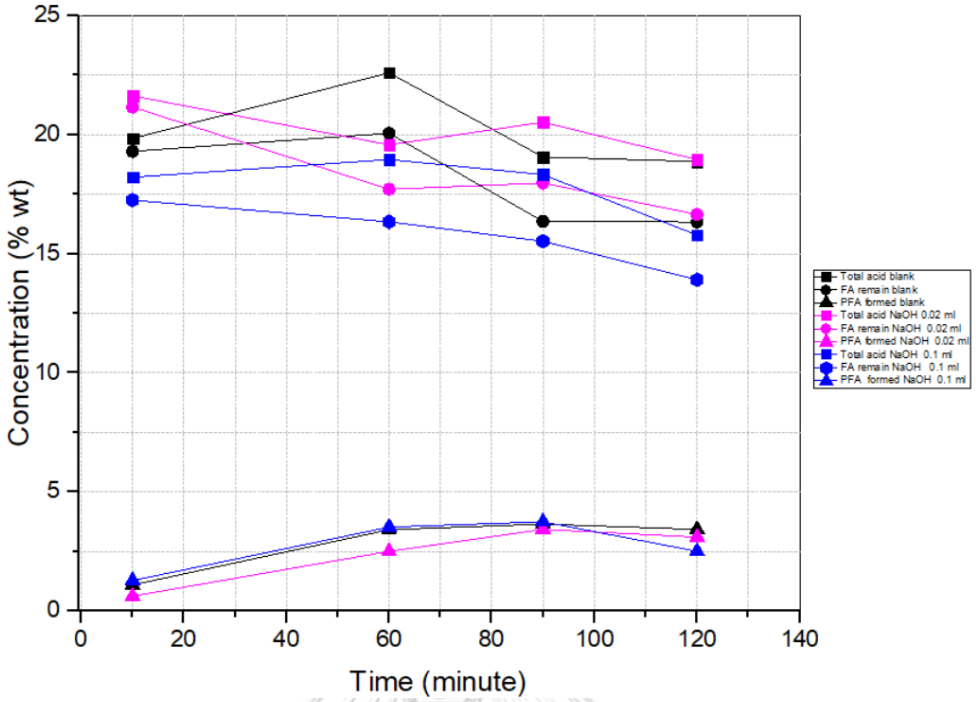
จากผลการทดลองใช้น้ำที่มีโซเดียมคลอไรด์ทั้งปนอยู่ 0.02 ml 0.1 ml นั้นพบว่าโซเดียมคลอไรด์ไม่ส่งผลต่อปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น โดยจากผลการเติมโซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml พบว่าอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุด 4.04 %wt ที่เวลา 120 นาที ปริมาณกรดรวมใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่น และจากผลการเติมโซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml พบว่า อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุด 3.75 %wt เวลา 90 นาทีและปริมาณกรดรวมใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่นเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าการเติมโซเดียมคลอไรด์จะไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกแต่ในระหว่างทำการทดลองก็พบว่าปฏิกิริยามีความรุนแรง มีความร้อนและฟองก๊าซเกิดขึ้นเกิดขึ้น และสังเกตุได้ว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml ซึ่งอาจจะเป็นเพราะคลอไรด์ไอออนที่อยู่ในสภาวะกรดนั้นจะเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากในสภาวะที่เป็นกรดคลอไรด์สามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เป็นคลอรีนและน้ำ สมการ 4.3 และก๊าซคลอรีนที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดเป็นก๊าซออกซิเจน, โปรตอน และ คลอไรด์ไอออน [25] ดังแสดงในสมการ 4.4

$$2H^+ + 2Cl^- + H_2O_2 = Cl_2 + 2H_2O \qquad (4.3)$$

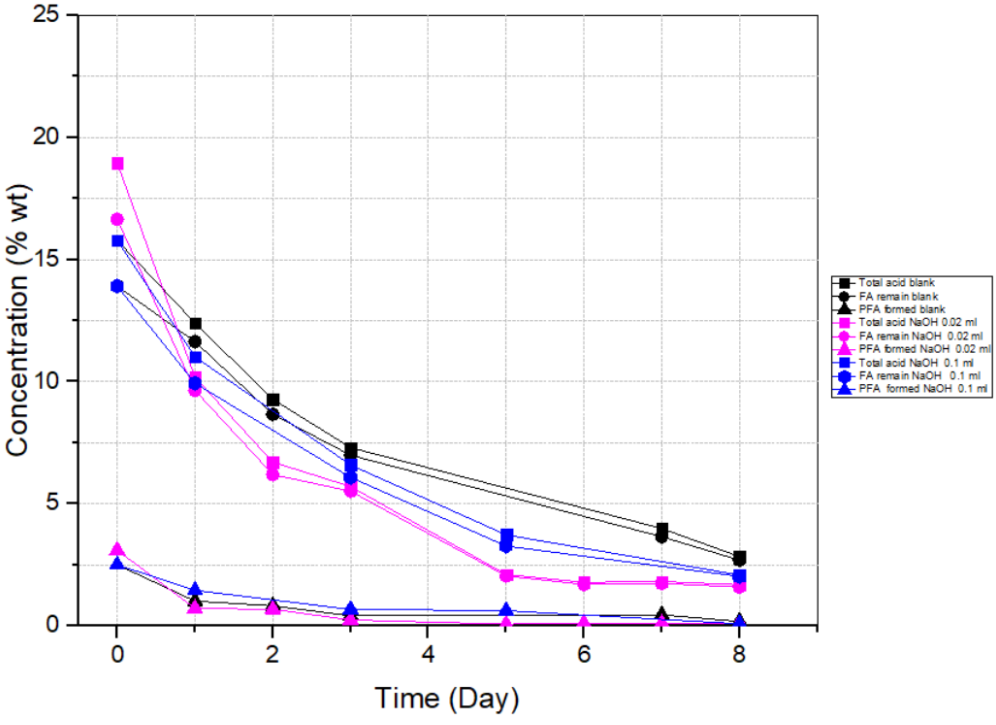
$$Cl_2 + H_2O_2 = O_2 + 2Cl^- + 2H^+ \qquad (4.4)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

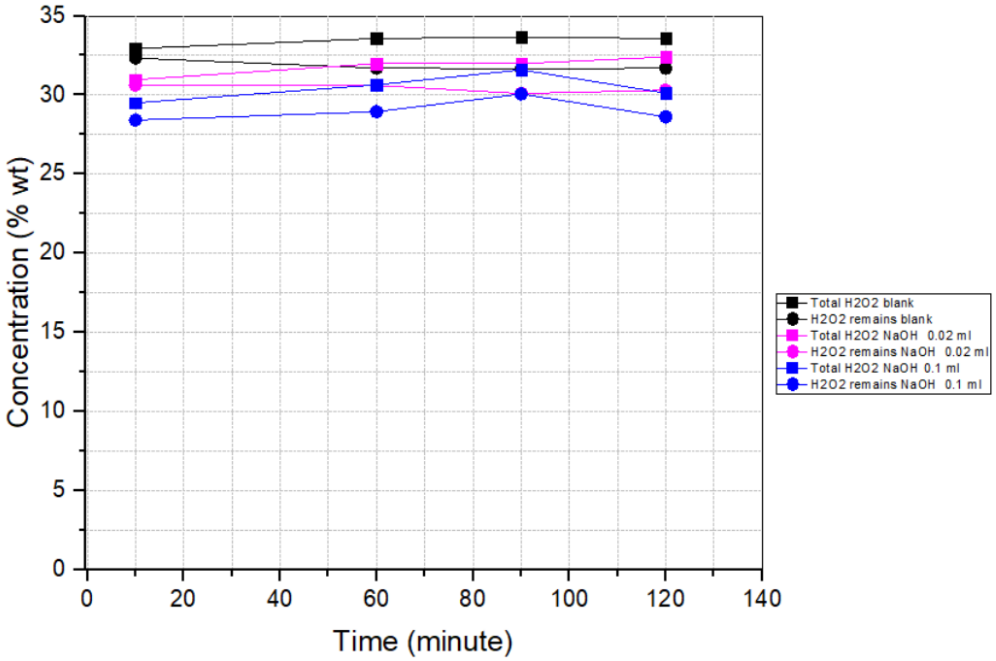
ดังนั้นแม้ว่าการมีโซเดียมคลอไรด์ปนเปื้อนนั้นไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น แต่การมีโซเดียมคลอไรด์ปนเปื้อนในการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิกอาจเกิดอันตรายจากปฏิกิริยาได้


Concentration (% wt)
Time (minute)
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaOH 0.02 ml
FA remain NaOH 0.02 ml
PFA formed NaOH 0.02 ml
Total acid NaOH 0.1 ml
FA remain NaOH 0.1 ml
PFA formed NaOH 0.1 ml

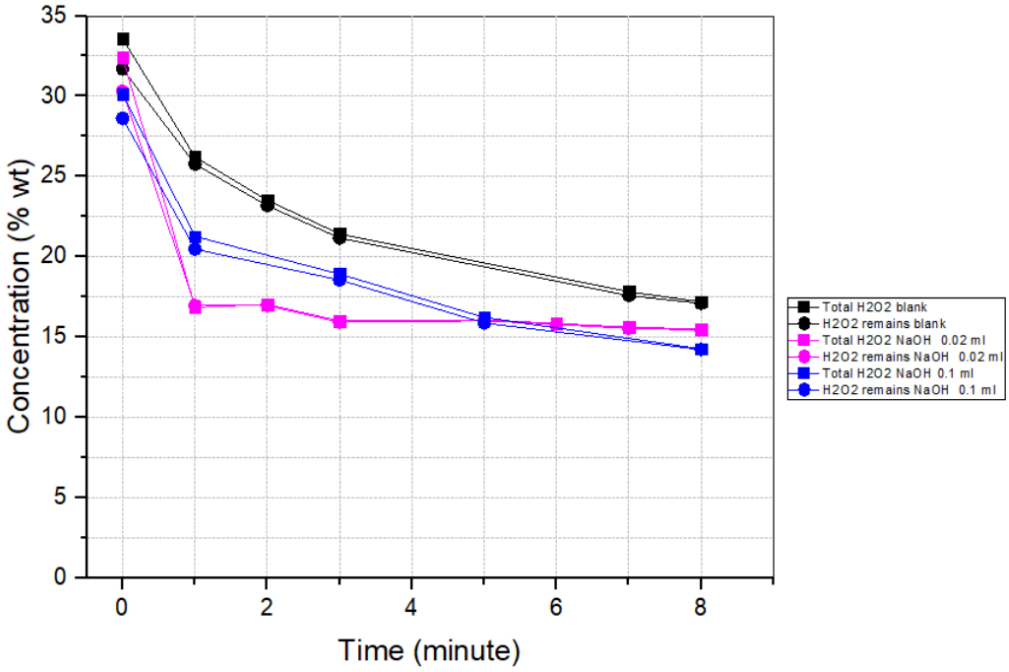
(ก)


Concentration (% wt)
Time (Day)
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaOH 0.02 ml
FA remain NaOH 0.02 ml
PFA formed NaOH 0.02 ml
Total acid NaOH 0.1 ml
FA remain NaOH 0.1 ml
PFA formed NaOH 0.1 ml

(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้โซเดียมคลอไรด์(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.27ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.27ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.27ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.27ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			NaCl 0.02 ml			NaCl 0.1 ml		
	Total Acid	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	19.84	19.3	1.1	21.63	21.16	0.63	18.21	17.25	1.28
60	22.6	20.06	3.42	19.57	17.71	2.51	18.96	16.34	3.53
90	19.06	16.36	3.65	20.52	17.97	3.43	18.32	15.53	3.75
120	18.87	16.33	3.43	18.95	16.65	3.1	15.78	13.91	2.51

(ข)

Day	Distilled water			NaCl 0.02 ml			NaCl 0.1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.87	16.33	3.43	18.95	16.65	3.1	15.78	13.91	2.51
1	12.40	11.64	1.02	10.18	9.64	0.72	11.02	9.94	1.46
2	9.28	8.66	0.83	6.71	6.20	0.69			
3	7.30	6.99	0.42	5.71	5.52	0.25	6.59	6.08	0.68
4									
5				2.11	2.05	0.08	3.73	3.27	0.63
6				1.79	1.70	0.11			
7	3.99	3.65	0.46	1.82	1.74	0.11			
8	2.84	2.70	0.19	1.69	1.60	0.11	2.09	2.03	0.09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		NaCl 0.02 ml		NaCl 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
10	32.94	32.33	30.98	30.63	29.51	28.42
60	33.57	31.70	31.98	30.61	30.65	28.95
90	33.66	31.66	31.98	30.10	31.59	30.07
120	33.57	31.69	32.41	30.31	30.13	28.62

(ง)

Day	Distilled water		NaCl 0.02 ml		NaCl 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
0	33.57	31.69	32.41	30.31	30.13	28.62
1	26.22	25.77	16.87	16.98	21.28	20.48
2	23.53	23.19	17.05	16.97		
3	21.43	21.17	16.02	15.94	18.93	18.56
4						
5			16.08	16.03	16.24	15.89
6			15.86	15.80		
7	17.83	17.59	15.63	15.56		
8	17.21	17.11	15.51	15.45	14.28	14.23

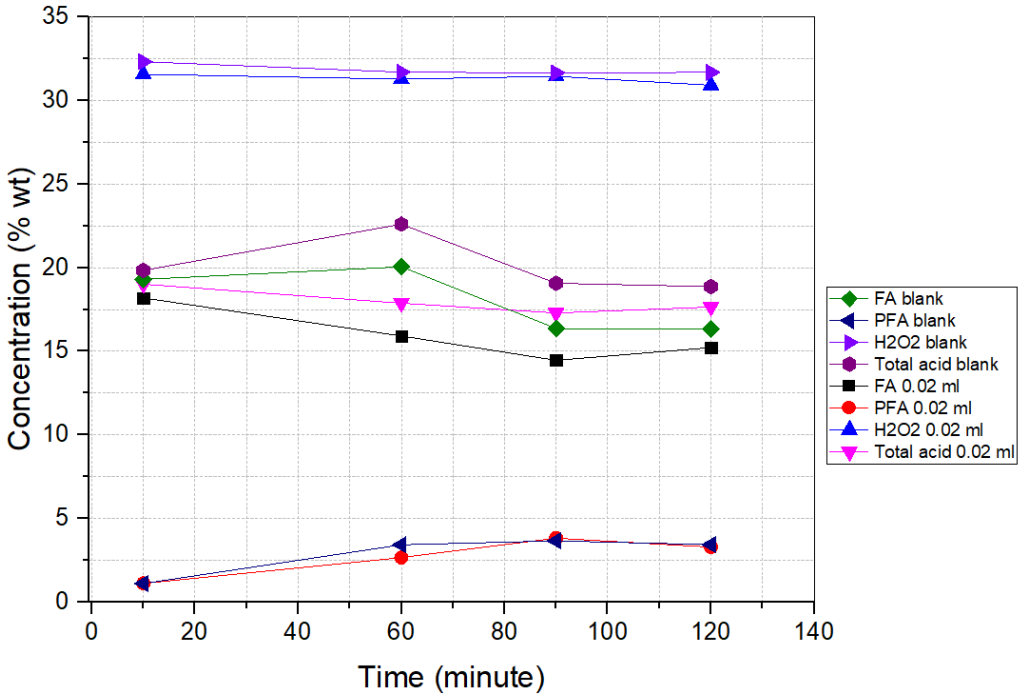
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.7 สารละลายแอนไอออนโซเดียมซัลเฟต $NaSO_4$

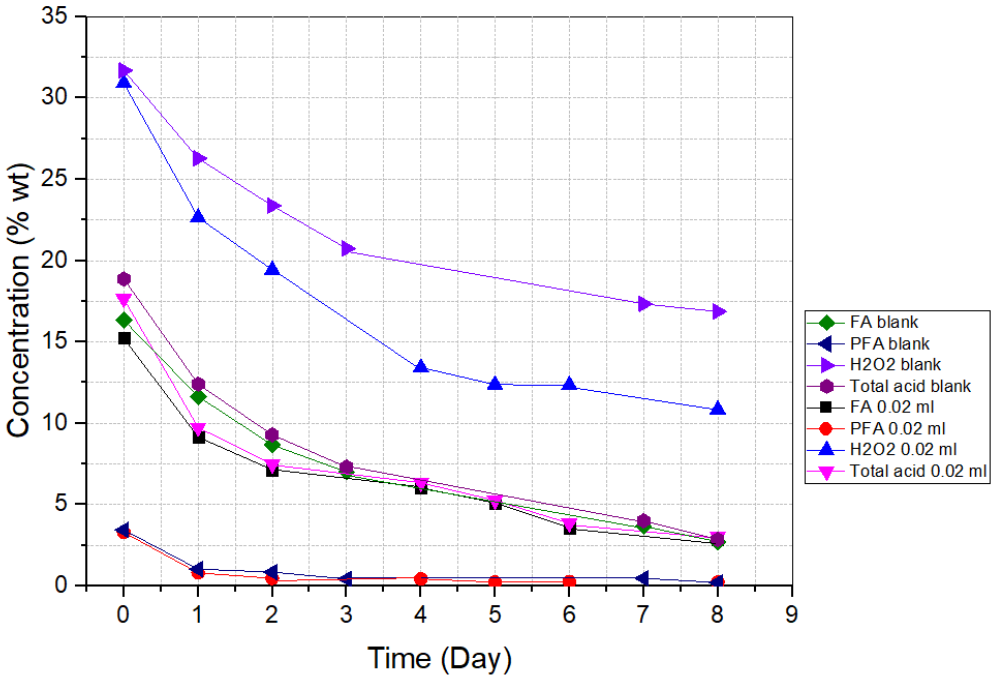
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml.

ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตปนเปื้อนอยู่พบว่า โซเดียมซัลเฟตนั้นส่งผลให้กรดฟอร์มิกสลายตัว ในส่วนของไฮโดรเจนเปอรออกไซด์พบว่าโซเดียมซัลเฟตไม่ส่งผลในช่วง 10-120 นาทีหลังผสม แต่ในวันถัดไปพบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำกลั่น กล่าวคือ การเติมโซเดียมซัลเฟตส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวหลังจาก 120 นาที หากพิจารณาในส่วนของความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกพบว่ามีอัตราการเกิดช้ากว่าการใช้น้ำกลั่นเล็กน้อยและมีค่าสูงสุดคือ 3.81 %wt หลังผสม 90 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.02 ml วันที่ 0



รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.02 ml ในวันที่ 0-8

ตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.28 และ 4.29 โดยใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.28 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.29

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	31.57	18.19	1.11	19.02
60 นาที	31.29	15.92	2.65	17.88
90 นาที	31.45	14.46	3.81	17.29
120 นาที	30.92	15.22	3.28	17.65

(ข)

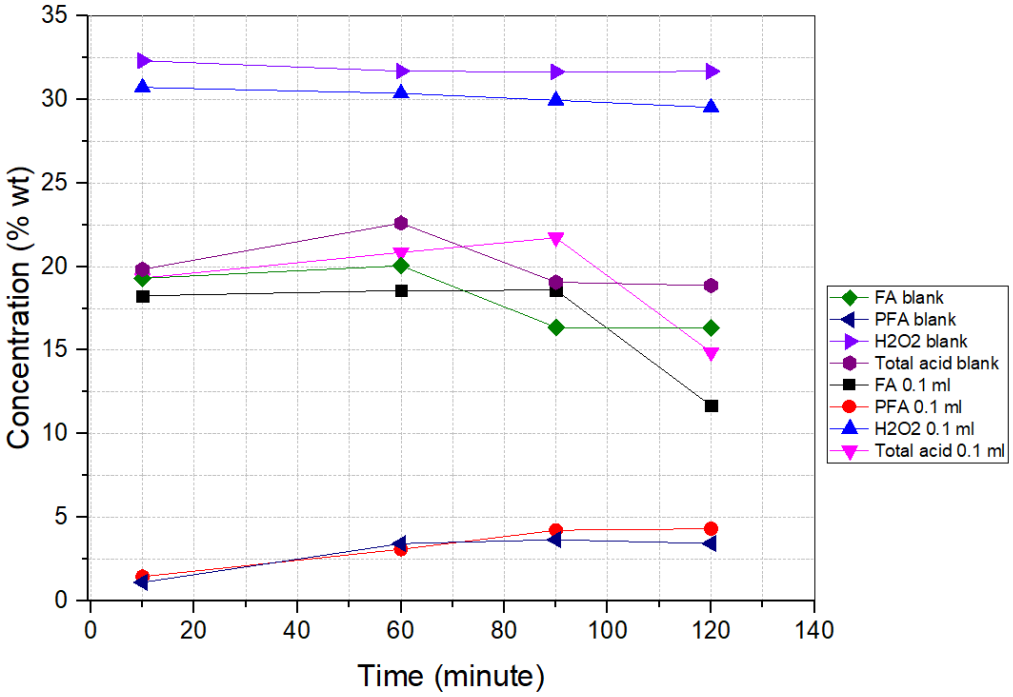
Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	30.92	15.22	3.28	17.65
วันที่ 1	22.65	9.14	0.79	9.73
วันที่ 2	19.43	7.13	0.46	7.47
วันที่ 3				
วันที่ 4	13.42	6.02	0.42	6.33
วันที่ 5	12.37	5.09	0.22	5.25
วันที่ 6	12.34	3.57	0.25	3.83
วันที่ 7				
วันที่ 8	10.83	2.87	0.21	3.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

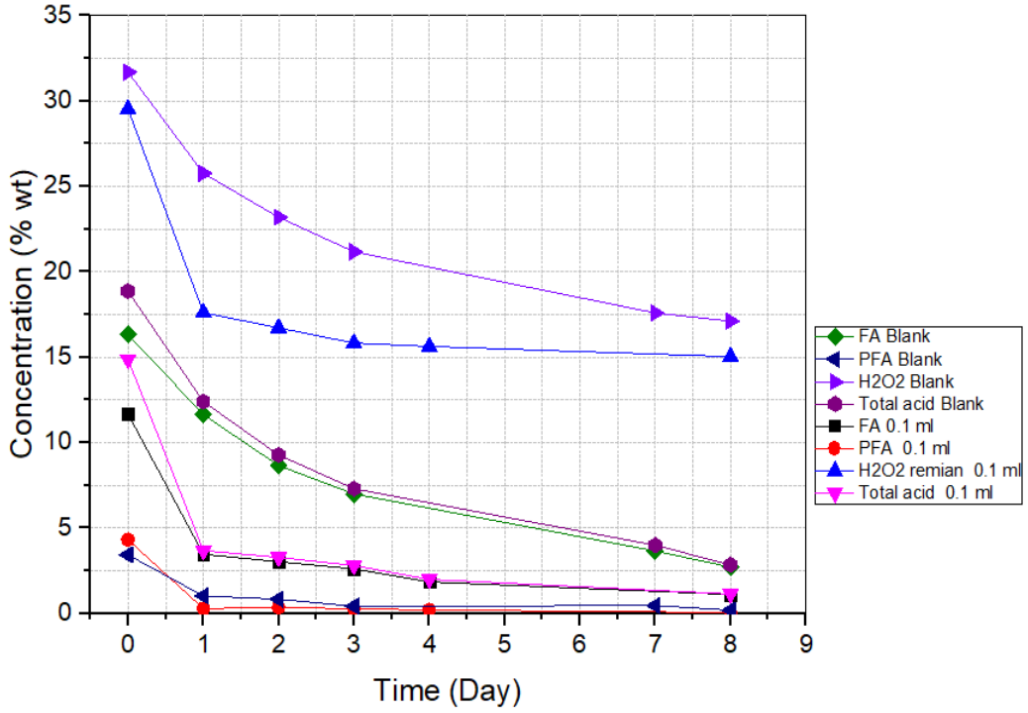
ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml.

ผลการทดลองเมื่อใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตปนเปื้อนปริมาตร 0.1 ml พบว่า ความปริมาณของกรดฟอร์มิกนั้นก่อตัวขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 10 นาทีแรกเช่นเดียวกับตัวอย่างอื่นๆแต่สิ่งที่เห็นได้ชัดคือ ปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิกในนาทีที่ 90 นั้นก่อตัวมากขึ้นกว่าการใช้น้ำกลั่น ประมาณ 4.22 %wt และยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นมีปริมาณที่วัดได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่น ดังนั้นการเติมแอนไอออนโซเดียมซัลเฟตนั้นไม่ส่งผลต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.1 ml ในวันที่ 0



รูปที่ 4.31 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ โดยใช้โซเดียมซัลเฟต 0.1 ml ในวันที่ 0-8

ตารางที่ 4.18 แสดงข้อมูลตัวเลขของกราฟในรูปที่ 4.30 และ 4.31ดยใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml (ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.30 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – 8 ในภาพที่ 4.31

(ก)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
10 นาที	30.73	18.25	1.45	19.32
60 นาที	30.37	18.57	3.08	20.85
90 นาที	29.96	18.59	4.22	21.73
120 นาที	29.53	11.68	4.31	14.88

(ข)

Time (minute)	H_2O_2 remains (%wt)	Formic remains (%wt)	Performic formed (%wt)	Total acid (%wt)
วันที่ 0	29.53	11.68	4.31	14.88
วันที่ 1	17.61	3.46	0.28	3.67
วันที่ 2	16.72	3.02	0.35	3.28
วันที่ 3	15.83	2.60	0.27	2.80
วันที่ 4	15.63	1.84	0.20	1.99
วันที่ 5				
วันที่ 6				
วันที่ 7				
วันที่ 8	15.03	1.11	0.05	1.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

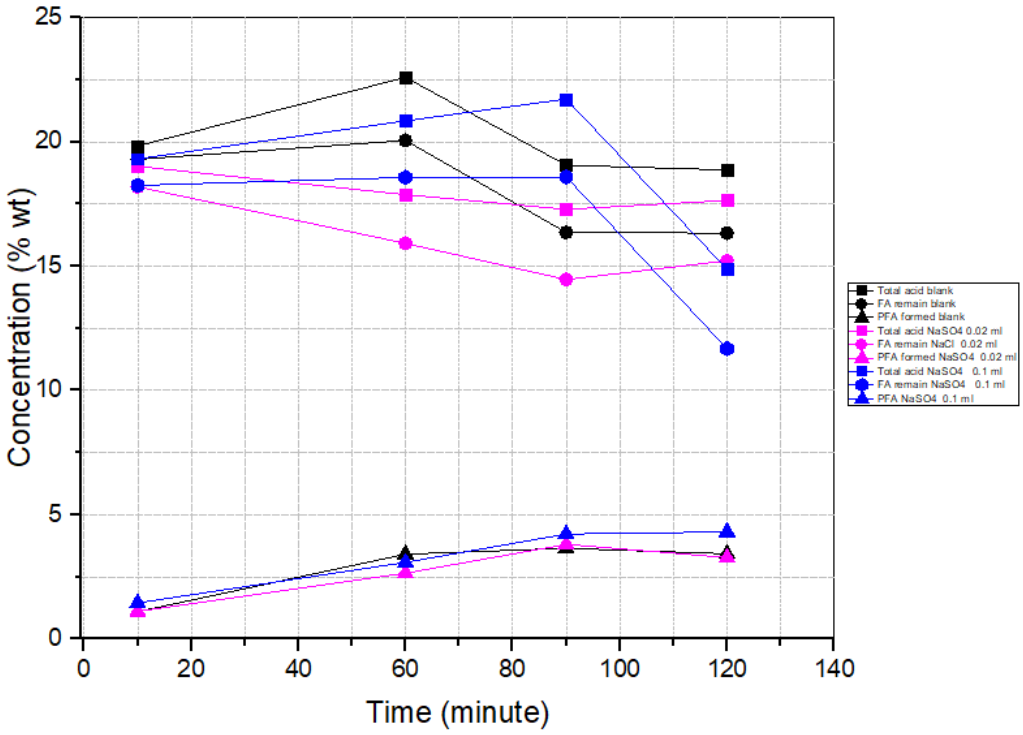
การเปรียบเทียบการใช้น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตปนเปื้อน 0.02 ml และ 0.1 ml

จากภาพที่ 4.32 เป็นภาพแสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดต่างๆจากการเติมโซเดียมซัลเฟตในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก จากผลการเติมโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml พบว่า อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่น ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.81 %wt ที่เวลา 90 นาที และตัวอย่างที่มีการเติมโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml. พบว่าทำให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกเพิ่มขึ้น ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.31 %wt ที่เวลา 120 นาที หลังจากนั้นในวันถัดไปก็พบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวจนหมดทุกตัวอย่าง ในส่วนของความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดก็พบว่า ในช่วงวันที่ 0 ทั้ง 2 ตัวอย่างนั้นมีความใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่นในการผสม และค่อยๆลดลงอย่างช้าๆในวันถัดไป

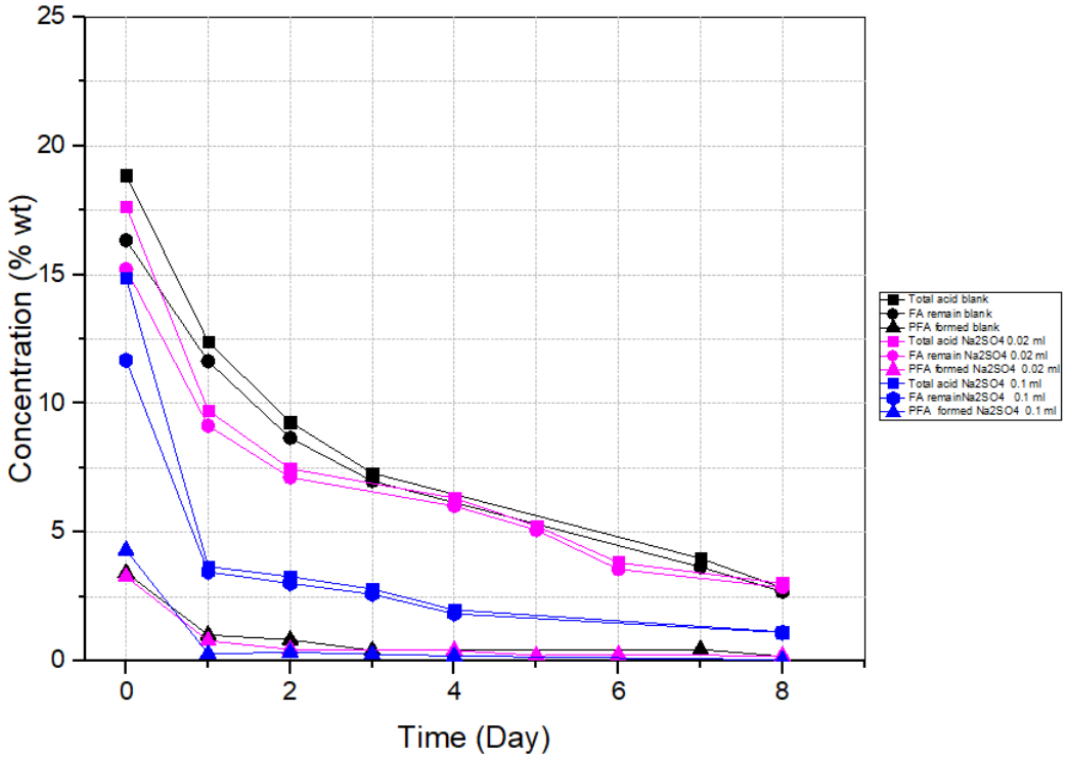
สำหรับตัวอย่างที่มีการเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml ปริมาณกรดรวมทั้งหมดในวันที่ 0 นั้นมีค่าใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่นในการผสม แต่ในวันถัดไปพบว่าปริมาณกรดรวมลดลงมากกว่าการใช้น้ำกลั่นในการผสม อาจกล่าวได้ว่า การเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟตนั้นไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดกรดเปอรฟอร์มิกในช่วง 120 นาทีแรก แต่ก็ส่งผลให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน

สำหรับตัวอย่างที่มีการเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml ปริมาณกรดรวมทั้งหมดในวันที่ 0 นั้นลดลงมากกว่าการใช้น้ำกลั่นและการเติมโซเดียมซัลเฟต 0.2 ml. ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมากขึ้นก็ตาม เช่นเดียวกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นลดลงมากกว่าการใช้น้ำกลั่นและการเติมโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml ซึ่งกล่าวได้ว่า การเติมโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml. นั้นช่วยเร่งอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกเนื่องจาก การเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟตและละลายในสภาวะที่เป็นกรดโซเดียมซัลเฟตอาจแตกตัวเป็นโซเดียมฟอร์เมตและซัลฟิวริก ซึ่งเป็นที่รู้กันดีกว่าซัลฟิวริกนั้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและช่วยเพิ่มอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก [26]

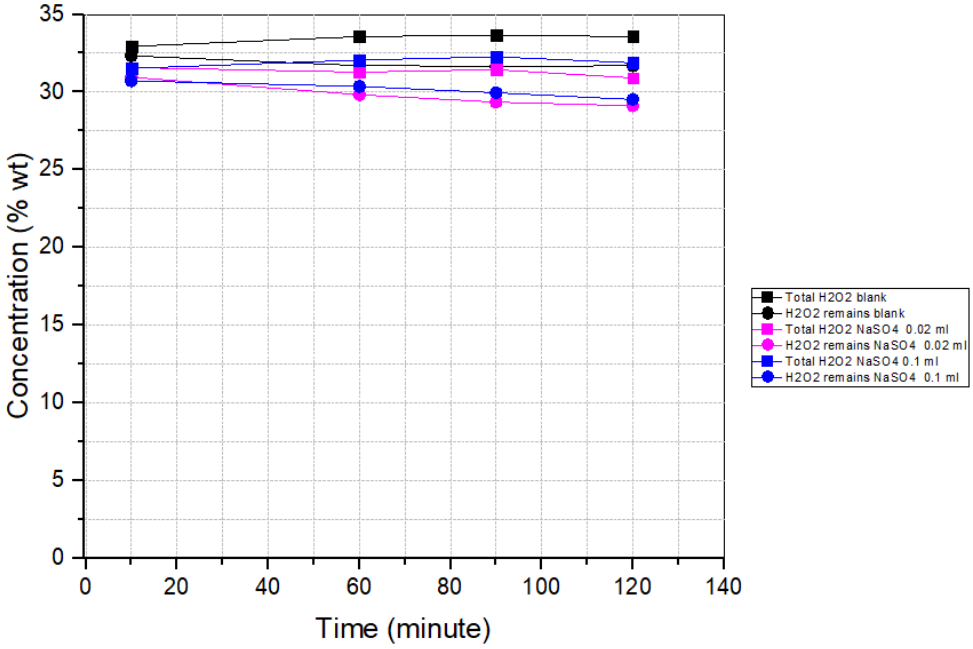
ดังนั้นจากการเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟต 0.02 ml ไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกแต่ก็ทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวเร็วขึ้น และการเติมโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml ช่วยเพิ่มอัตราการเกิดดกรดเปอร์ฟอร์มิกและส่งผลให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวเร็วมากขึ้น


Concentration (% wt)
Time (minute)
0
5
10
15
20
25
0
20
40
60
80
100
120
140
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid NaSO4 0.02 ml
FA remain NaCl 0.02 ml
PFA formed NaSO4 0.02 ml
Total acid NaSO4 0.1 ml
FA remain NaSO4 0.1 ml
PFA NaSO4 0.1 ml

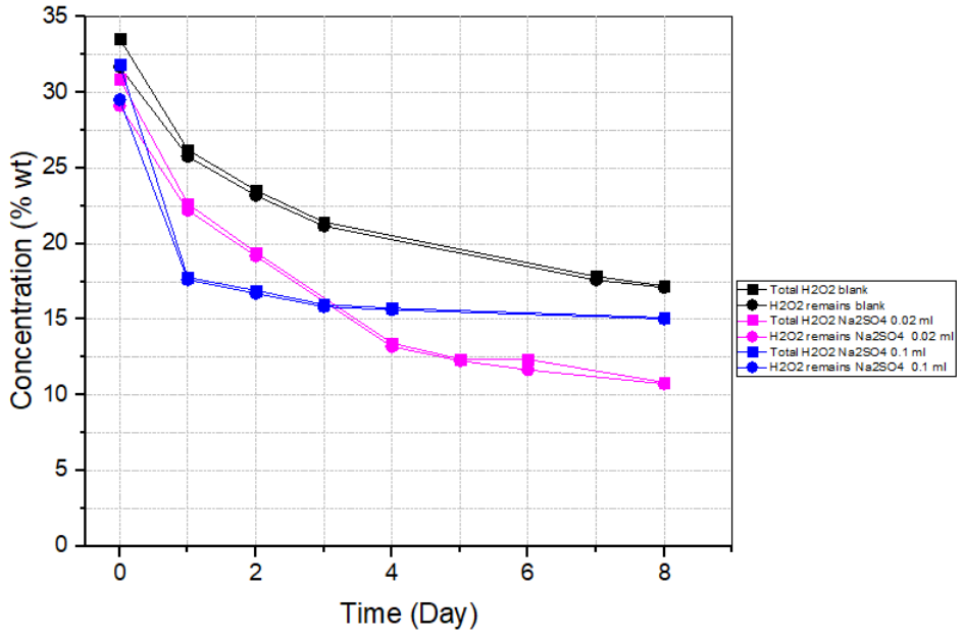
(ก)


Concentration (% wt)
Time (Day)
0
5
10
15
20
25
0
2
4
6
8
Total acid blank
FA remain blank
PFA formed blank
Total acid Na2SO4 0.02 ml
FA remain Na2SO4 0.02 ml
PFA formed Na2SO4 0.02 ml
Total acid Na2SO4 0.1 ml
FA remainNa2SO4 0.1 ml
PFA formed Na2SO4 0.1 ml

(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟต (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-8 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-8

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตปนเปื้อน (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.32ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.32ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.32ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.32ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			Na_2SO_4 0.02 ml			Na_2SO_4 0.1 ml		
	Total Acid	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	19.84	19.3	1.1	19.02	18.19	1.11	19.32	18.25	1.45
60	22.6	20.06	3.42	17.88	15.92	2.65	20.85	18.57	3.08
90	19.06	16.36	3.65	17.29	14.46	3.81	21.73	18.59	4.22
120	18.87	16.33	3.43	17.65	15.22	3.28	14.88	11.68	4.31

(ข)

Day	Distilled water			Na_2SO_4 0.02 ml			Na_2SO_4 0.1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.87	16.33	3.43	17.65	15.22	3.28	14.88	11.68	4.31
1	12.40	11.64	1.02	9.73	9.14	0.79	3.67	3.46	0.28
2	9.28	8.66	0.83	7.47	7.13	0.46	3.28	3.02	0.35
3	7.30	6.99	0.42				2.80	2.60	0.27
4				6.33	6.02	0.42	1.99	1.84	0.20
5				5.25	5.09	0.22			
6				3.83	3.57	0.25			
7	3.99	3.65	0.46						
8	2.84	2.70	0.19	3.02	2.87	0.21	1.14	1.11	0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		Na_2SO_4 0.02 ml		Na_2SO_4 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
10	32.94	32.33	31.57	30.96	31.52	30.73
60	33.57	31.70	31.29	29.84	32.06	30.37
90	33.66	31.66	31.45	29.36	32.27	29.96
120	33.57	31.69	30.92	29.13	31.88	29.53

(ง)

Day	Distilled water		Na_2SO_4 0.02 ml		Na_2SO_4 0.1 ml	
	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains	Total H_2O_2	H_2O_2 remains
0	33.57	31.69	30.92	29.13	31.88	29.53
1	26.22	25.77	22.65	22.21	17.76	17.61
2	23.53	23.19	19.43	19.18	16.91	16.72
3	21.43	21.17			15.98	15.83
4			13.42	13.19	15.74	15.63
5			12.37	12.26		
6			12.34	11.65		
7	17.83	17.59				
8	17.21	17.11	10.83	10.72	15.11	15.03

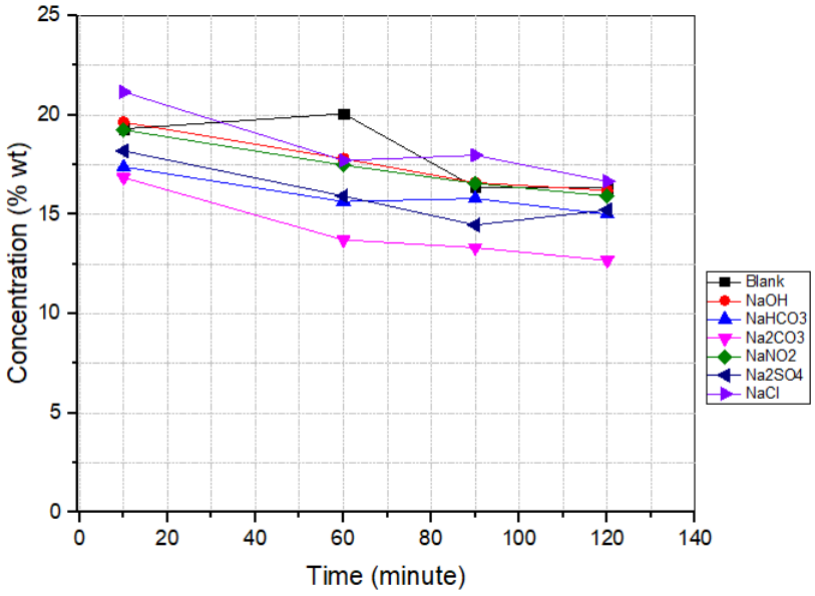
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการเปรียบเทียบผลของแอนไอออนชนิดต่างๆที่มีผลต่อความเข้มข้นของกรดฟอร์มิก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดรวม

จากผลการทดลองการเติมแอนไอออนทั้งหมด 6 ชนิด ที่ปริมาตร 0.02 ml และ 0.1 ml แอนไอออนทุกชนิดส่งผลกระทบต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดฟอร์มิก และ กรดฟอร์มิกแตกต่างกันภายในวันที่ 0 (10-120 นาที) และพบว่าแอนไอออนทุกชนิดส่งผลให้สารทั้ง 3 ชนิด ที่ได้กล่าวมานั้นสลายตัวรุนแรงกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำกลั่นในการผสมเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วันเหมือนกัน ดังนั้นในส่วนนี้จึงทำการเปรียบเทียบข้อมูลผลของแอนไอออนในช่วง 10-120 นาทีหลังจากทำการผสมเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของแอนไอออนต่างๆในช่วงวันที่ 0 เนื่องจากกรดเปอร์ฟอร์มิกมักจะถูกใช้งานภายใน 12 ชั่วโมงหลังการผสม

ผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดฟอร์มิกของตัวอย่างที่เติมแอนไอออนชนิดต่างๆปริมาตร 0.02 ml

จากผลการทดลองการเติมแอนไอออนทั้ง 6 ชนิด ที่ปริมาตร 0.02 ml พบว่าผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตส่งผลให้กรดฟอร์มิกสลายตัวมากที่สุดโดยปริมาณกรดเปอร์ฟอร์จะมีปริมาณใกล้เคียงกับแอนไอออนชนิดอื่นๆรวมถึงน้ำกลั่น และจะมีแนวโน้มลดลงมากกว่าแอนไอออนชนิดอื่นและน้ำกลั่นหลังผสม 60 นาทีหลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ ในทางตรงกันข้ามโซเดียมคลอไรด์ปริมาตร 0.02 ml นั้นไม่ส่งต่อการสลายตัวของกรดฟอร์มิก



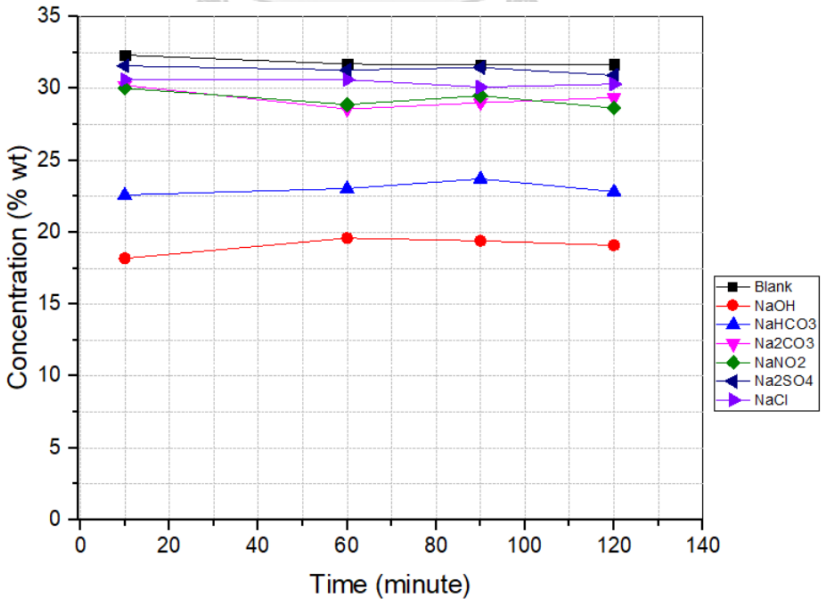
รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดฟอร์มิกของแอนไอออน 0.02 ml

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	19.3	16.18	17.38	19.87	20.27	18.25
60	20.06	16.22	15.64	17.79	16.58	18.57
90	16.36	15.86	15.79	17.43	15.56	18.59
120	16.33	14.95	15.00	16.06	14.61	11.68

ผลการเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของตัวอย่างที่เติมแอนไอออนชนิดต่างๆ ปริมาตร 0.02 ml

จากผลการทดลองการเติมแอนไอออนชนิดต่างๆที่ปริมาตร 0.02 ml ที่มีผลต่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต ส่งผลต่อสเถียรภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากที่สุดตามลำดับ โดยจะพบความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้แอนไอออนชนิดอื่นๆ ในขณะเดียวกัน โซเดียมซัลเฟตไม่ส่งผลต่อเสถียรภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



รูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของแอนไอออน 0.02 ml

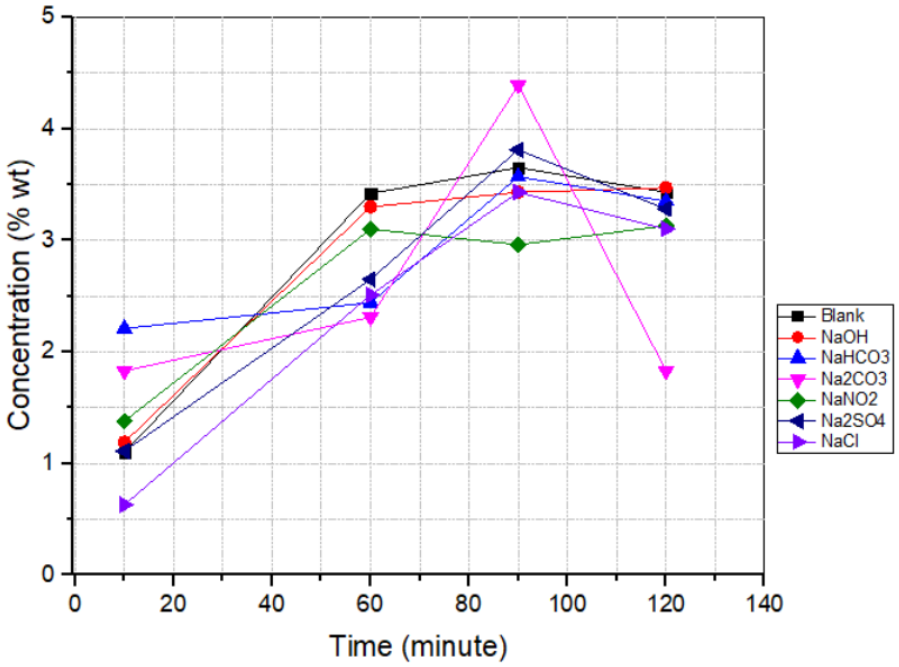
ตารางที่ 4.21 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.02 ml

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	32.33	18.19	22.6	24.28	29.95	30.73
60	31.7	19.6	23.05	22.66	29.27	30.37
90	31.66	19.41	23.72	21.86	28.7	29.96
120	31.69	19.1	22.83	22.19	28.7	29.53

ผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกของตัวอย่างที่เติมแอนไอออนชนิดต่างๆปริมาตร 0.02 ml

จากผลการทดลองแอนไอออนชนิดต่างๆ ปริมาตร 0.2 ml ที่มีผลต่ออัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกพบว่า โซเดียมไบคาร์บอเนตมีอัตราการเพิ่มมขึ้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.39 %wt ในช่วง 90 นาทีหลังทำการผสมหลังจากนั้นกรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวอย่างรวดเร็วมากกว่าตัวอย่างอื่นๆหลังการผสม 120 นาที นอกจากนี้เองยังพบว่าการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์นั้นไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นถึงแม้จะทำให้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวอย่างรุนแรงก็ตาม นอกจากนี้เองสำหรับตัวอย่างที่เติมโซเดียมคลอไรด์นั้นส่งผลให้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกก่อตัวอย่างช้ากว่าตัวอย่างอื่นๆในช่วง 60-90 นาทีหลังทำการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.02 ml วันที่ *0*

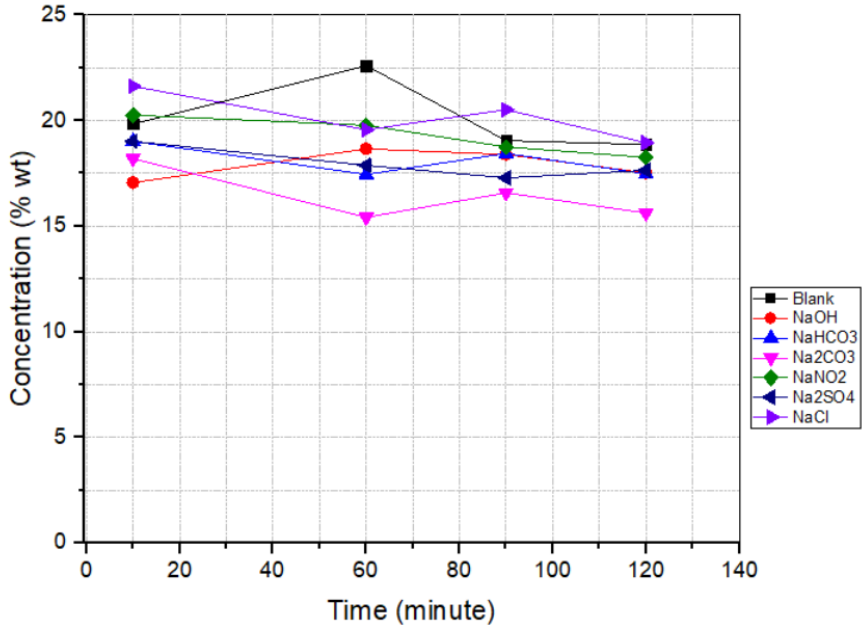
ตารางที่ 4.22 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกต่าง ๆ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.02 ml

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	1.1	1.19	2.21	1.61	0.96	1.45
60	3.42	3.3	2.44	3.41	3.13	3.08
90	3.65	3.43	3.57	3.45	3.23	4.22
120	3.43	3.47	3.35	2.81	2.43	4.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดรวมของตัวอย่างที่เติมแอนไอออนชนิดต่างๆปริมาตร 0.02 ml

จากรูปที่ 4.36 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดรวมพบว่าโซเดียมไบคาร์บอเนตส่งผลต่อความเข้มข้นของปริมาณกรดรวมโดยความเข้มข้นของกรดรวมในตัวอย่างนี้มีแนวโน้มลดลงมากกว่าตัวอย่างอื่นๆในช่วง 60 นาทีหลังจากผสมและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 90 นาทีหลังผสม การเพิ่มขึ้นในช่วงนี้เป็นสาเหตุมาจากการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เพิ่มขึ้นในช่วงนี้จึงส่งผลให้ปริมาณกรดรวมเพิ่มมากขึ้น และนอกจากนี้เมื่อผ่านไป 120 นาทีพบว่าความเข้มข้นของกรดรวมนั้นลดลงอย่างมาก ในทางตรงกันข้ามโซเดียมคลอไรด์นั้นไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดรวมซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้น้ำกลั่นในการผสม



รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.02 ml วันที่ 0

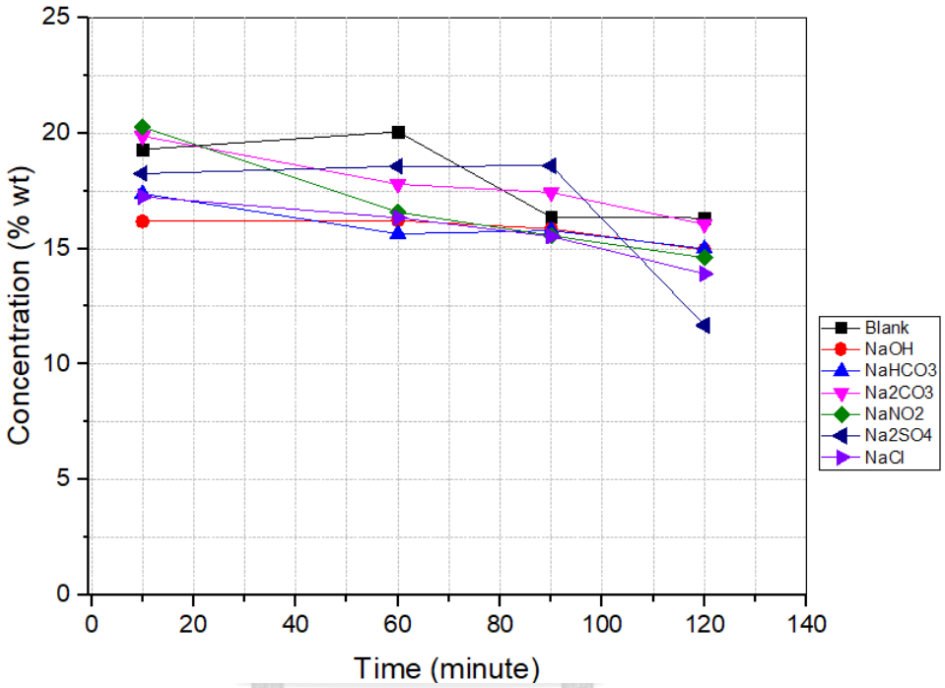
ตารางที่ 4.23 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดทั้งหมด โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.02 ml

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	19.84	17.06	19.02	20.54	20.99	19.32
60	22.6	18.66	17.45	20.31	18.91	20.85
90	19.06	18.40	18.45	19.99	17.95	21.73
120	18.87	17.52	17.48	18.15	16.41	14.88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลกระทบของแอนไอออนต่างๆ ปริมาตร 0.1 ml ที่มีต่อกรดฟอร์มิก

ผลกระทบของแอนไอออนชนิดต่างๆ ปริมาตร 0.1 ml ที่มีต่อกรดฟอร์มิก จากผลการทดลองพบว่า โซเดียมซัลเฟตส่งผลให้เข้มข้นของกรดฟอร์มิกลดลงมากที่สุดเมื่อเวลาผ่าน 120 นาที ซึ่งการลดลงของกรดฟอร์มิกสอดคล้องกับความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกเมื่อเกิดขึ้นมากที่สุด และในทางตรงกันข้ามพบว่าโซเดียมไบคาร์บอร์เนตส่งผลให้กรดฟอร์มิกสลายตัวน้อยที่สุด



รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดฟอร์มิกของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml

Chulalongkorn University

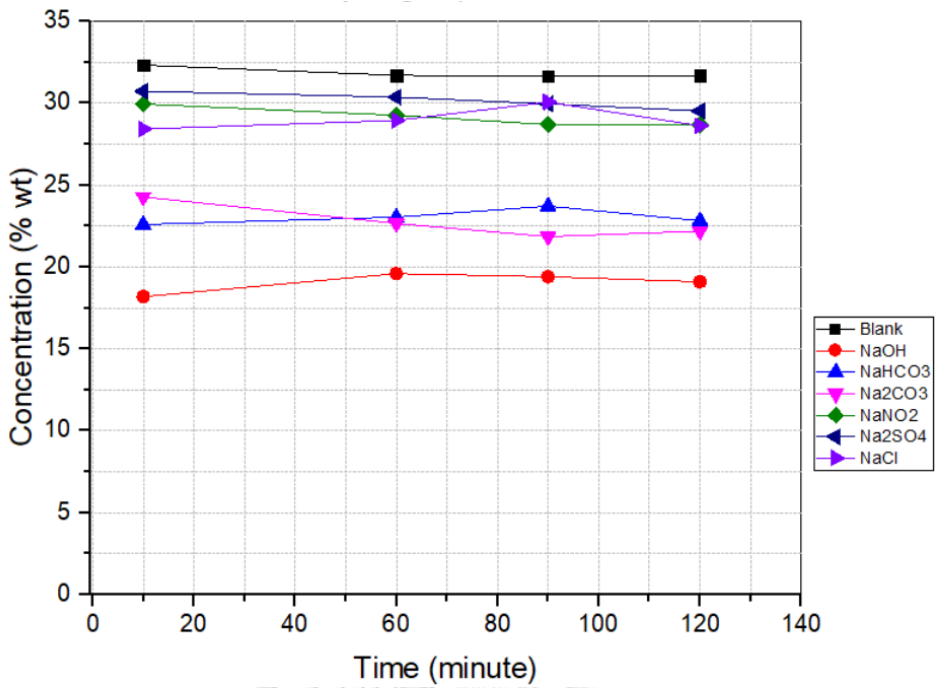
ตารางที่ 4.24 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกโดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.1 ml

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	19.3	16.18	17.38	19.87	20.27	18.25
60	20.06	16.22	15.64	17.79	16.58	18.57
90	16.36	15.86	15.79	17.43	15.56	18.59
120	16.33	14.95	15.00	16.06	14.61	11.68

ผลกระทบของแอนไอออน 0.1 ml ที่มีต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากผลการทดลองการเติมแอนไอออนชนิดต่างๆที่ส่งผลต่อเสถียรภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงต่างๆได้ดังรูปที่ 4.38 จากผลการทดลองพบว่าแอนไอออนชนิด โซเดียมไฮดรอกไซด์, โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมคาร์บอเนต ส่งต่อให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวรุนแรงทันทีภายใน 1 ชั่วโมงหลังทำการผสม ในขณะที่โซเดียมไนไตรท์ และโซเดียมคลอไรด์ส่งผลต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่า นอกจากนี้โซเดียมซัลเฟตส่งผลต่อเสถียรภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยที่สุดในช่วง 10-120 นาทีหลังผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml

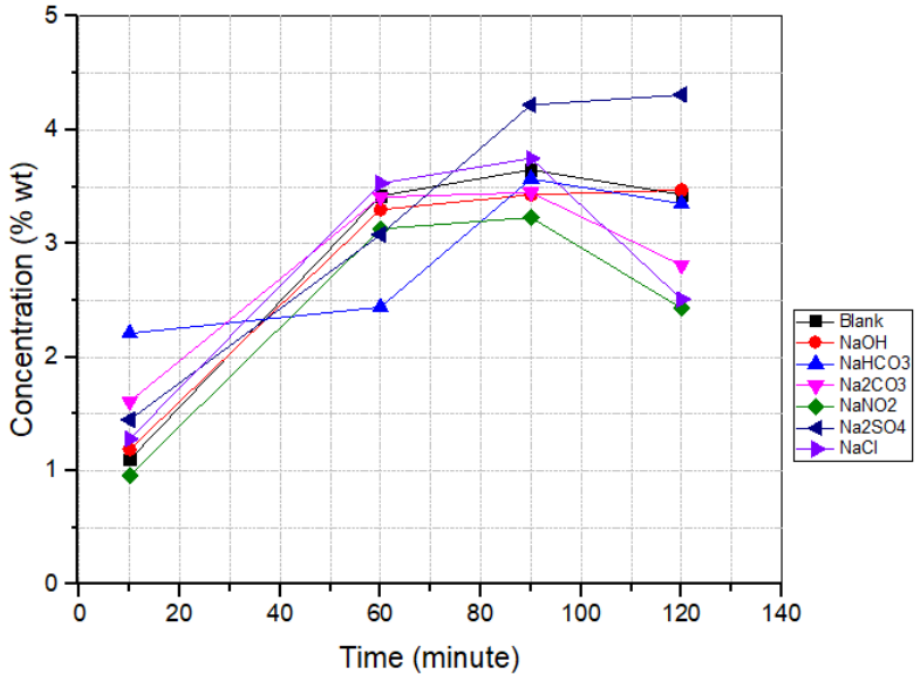
ตารางที่ 4.25 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.1 ml

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	32.33	18.19	22.6	24.28	29.95	30.73
60	31.7	19.6	23.05	22.66	29.27	30.37
90	31.66	19.41	23.72	21.86	28.7	29.96
120	31.69	19.1	22.83	22.19	28.7	29.53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลของแอนไอออนปริมาตร 0.1 ml ที่มีผลต่อความเข้มข้นกรดเปอร์ฟอร์มิก

ผลกระทบของแอนไอออนชนิดต่างๆปริมาตร 0.1 ml ที่มีผลต่อความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกทีเกิดขึ้นพบว่า โซเดียมซัลเฟตส่งผลให้กรดเปอร์ฟอร์มิกเพิ่มสูงสุดโดยกรดเปอร์ฟอร์มิกจะมีค่าสูงกว่าแอนไอออนชนิดอื่นในช่วง 90 นาทีและยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อไปอีก ในขณะเดียวกันจากผลการเปรียบเทียบพบว่า โซเดียมไนไตรท์ และโซเดียมคลอไรด์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกต่ำที่สุด



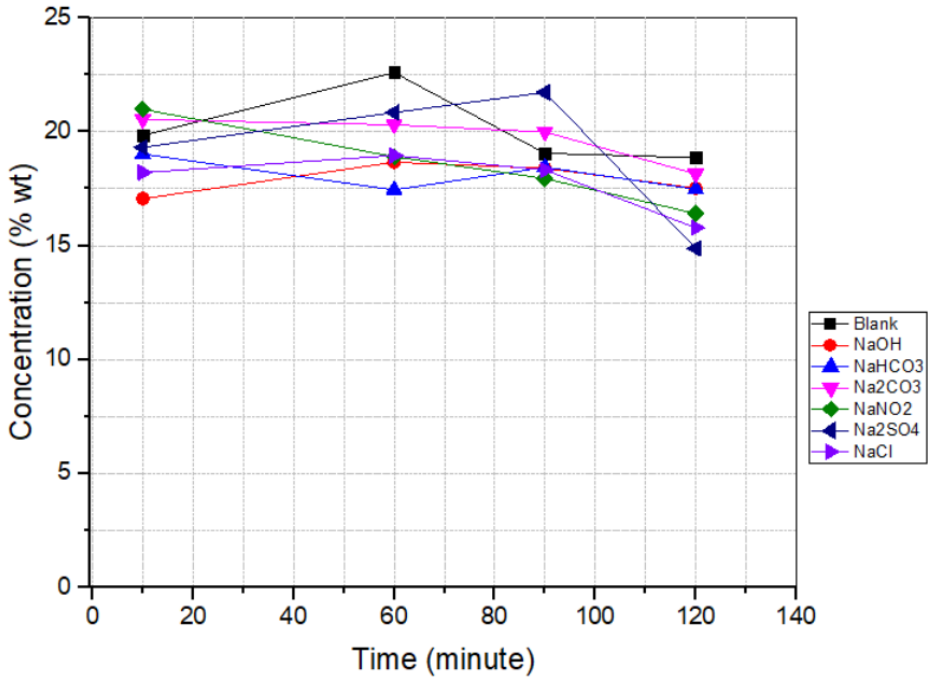
รูปที่ 4.39 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml

ตารางที่ 4.26 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกโดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.01 ml

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	1.1	1.19	2.21	1.61	0.96	1.45
60	3.42	3.3	2.44	3.41	3.13	3.08
90	3.65	3.43	3.57	3.45	3.23	4.22
120	3.43	3.47	3.35	2.81	2.43	4.31

ผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดรวมของแอนไอออนต่างๆที่ปริมาตร 0.1 ml

จากผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดของการเติมแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml ที่มีต่อความเข้มข้นของปริมาณกรดรวมทั้งหมดพบว่า โซเดียมซัลเฟตส่งผลต่อปริมาณกรดรวมทั้งหมด โดยปริมาณกรดรวมของสารที่เติมโซเดียมซัลเฟตจะมีค่าสูงขึ้น 90 นาที หลังจากการผสมเนื่องจากกรดฟอร์มิกไปก่อตัวเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก และปริมาณกรดรวมจะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญเมื่อเวลา 120 นาทีหลังผสม สาเหตุมาจากที่กรดฟอร์มิกนั้นไปก่อตัวเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกและกรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวไป นอกจากนี้ยังพบว่า โซเดียมไบคาร์บอร์เนตไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของกรดรวมเมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที



รูปที่ 4.40 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดของแอนไอออนชนิดต่างๆ 0.1 ml วันที่ 0

ตารางที่ 4.27 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดทั้งหมด โดยที่ใช้น้ำกลั่นและน้ำที่มีแอนไอออนชนิดต่างๆปนเปื้อน 0.1 ml

Time (minute)	Blank (%wt)	NaOH (%wt)	$NaHCO_3$ (%wt)	Na_2CO_3 (%wt)	$NaNO_2$ (%wt)	Na_2SO_4 (%wt)
10	19.84	17.06	19.02	20.54	20.99	19.32
60	22.6	18.66	17.45	20.31	18.91	20.85
90	19.06	18.4	18.45	19.99	17.95	21.73
120	18.87	17.52	17.48	18.15	16.41	14.88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในส่วนนี้เป็นการสรุปผลการทดลองการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกโดยการใช้น้ำที่มีแอนไอออนปนเปื้อนที่ได้บรรยายในบทที่ 4 รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆที่คาดว่าจะนำไปพัฒนาการทดลองต่อไป

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก โดยใช้น้ำที่มีแอนไอออนทั้ง 6 ชนิด เข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 0.02 - 0.1 ml ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไนไตรท์ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำกลั่น สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

ในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีแอนไอออนปนเปื้อนปริมาณ 0.02 ml โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 1:1.5 พบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต ส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวมากและเกิดปฏิกิริยารุนแรง แต่การเติมโซเดียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมไนไตรท์นั้นไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในวันที่ 0 (120 นาทีหลังจากผสม)

นอกจากนี้ การสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีแอนไอออนปนเปื้อนปริมาณ 0.1 ml โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 1:1.5 พบว่าการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดปฏิกิริยารุนแรงส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวภายใน 90 นาที และโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต ก็ให้ผลคล้ายคลึงกัน ในส่วนของโซเดียมคลอไรด์ พบว่าอัตราการเกิดและความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลั่น เพียงแต่มีความร้อนจากปฏิกิริยารุนแรงหลังจากผสม 4 ชั่วโมง จึงไม่แนะนำให้การสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกมีโซเดียมคลอไรด์ปนเปื้อนอยู่ เนื่องจากอาจเกิดอันตรายได้เช่นกัน และในทางตรงกันข้ามกับแอนไอออนทุกชนิด โซเดียมซัลเฟตส่งผลให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ช่วง 90 นาทีแรก อย่างไรก็ตามกรดเปอร์ฟอร์มิกก่อตัวขึ้นและสลายตัวอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน ดังนั้นจากที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่าแอนไอออน 5 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต ที่ปนเปื้อนมาไม่ส่งผล

ต่ออัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก แต่ส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวและเกิดปฏิกิริยารุนแรง และโซเดียมซัลเฟตช่วยเร่งอัตราการเกิดของกรดเปอร์ฟอร์มิก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่อาจนำไปใช้ต่อในกระบวนการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกในอนาคตมีดังนี้

- ควรศึกษาความเข้มข้นของแอนไอออนที่นำมาทดสอบให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ให้มีความสอดคล้องกับน้ำในแต่ละพื้นที่ของอุตสาหกรรมที่จะนำมาใช้ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก

- ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกจะเห็นว่ามีไอออน 3 ชนิด ได้แก่ ไฮดรอกไซด์ ไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต ก่อให้เกิดอันตรายได้ในการผลิต ดังนั้นควรที่จะตรวจสอบการมีอยู่ของไอออนเหล่านี้ในน้ำก่อน เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาที่รุนแรง

- เพื่อความปลอดภัยและเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สูงสุด หากนำน้ำที่มีการปนเปื้อนของไอออนที่มีสภาพเป็นเบส ควรนำกรดเปอร์ฟอร์มิกไปใช้หลังจากกผสมภายใน 90 นาที เนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกมากที่สุดในทุกๆตัวอย่าง

- ควรศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดเปอร์ฟอร์มิกกับภาชนะ HDPE และ fask

- เพื่อความปลอดภัยในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกในกรณีที่มีสารปนเปื้อนที่ก่อให้เกิดอันตรายอันได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมคาร์บอเนต ควรลดความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการผสมลงเพื่อลดความรุนแรงของปฏิกริยา

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)

การหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เตรียมเพื่อนำมาใช้ในการไทเทรตหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา สามารถหาได้จากสูตร

$$CKMnO_4 = W_{oxalic}/(90.03 \times 2.5 \times V_{KMnO4}) \times 1000$$

เมื่อ C_{KMnO4} คือ ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (M, mol/l)

W_{oxalic} คือ น้ำหนักของกรดออกซาลิก (g)

90.03 คือ น้ำหนักโมเลกุลของกรดออกซาลิก (g/mol)

V_{KMnO4} คือ ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ (ml)

2.5 คือ อัตราส่วนการทำปฏิกิริยาระหว่าง MnO4- กับ C2O42-

ยกตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตวันที่ 0 ของการทดลอง โดยมีข้อมูลการไทเทรตการหาความเข้มข้น ดังนี้

ขวดที่	น้ำหนักออกซาลิก (g)	$KMnO_4$ เริ่มต้น (ml)	$KMnO_4$ สุดท้าย (ml)	$KMnO_4$ ที่ใช้ไป (ml)
1	0.0522	1.6	9.6	8.0
2	0.0517	9.6	17.7	8.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสูตรการหาความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

ขวดที่ 1 $C_{KMnO4,1} = 0.0522/(90.03 \times 2.5 \times 8.0) \times 1000$

$= 0.02899$ M

ขวดที่ 2 $C_{KMnO4,2} = 0.0517/(90.03 \times 2.5 \times 8.1) \times 1000$

$= 0.02835$ M

ความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเฉลี่ยทั้ง 2 ขวด

$C_{KMnO4} = (C_{KMnO4,1} + C_{KMnO4,2})/2$

= (0.02899+0.02835)/2

= 0.02867 M

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

การหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมเพื่อนำมาใช้ในการไทเทรตหา

หาปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและกรดฟอร์มิกที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา สามารถหาได้จากสูตร

$$C_{NaOH} = W_{KHP}/(204.22x\ 1\ x\ V_{NaOH})\ x\ 1000$$

เมื่อ C_{NaOH} คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(M, mol/l)

W_{KHP} คือ น้ำหนักของโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (g)

204.22 คือ น้ำหนักโมเลกุลของโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (g/mol)

V_{NaOH} คือ ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(ml)

1 คือ อัตราส่วนการทำปฏิกิริยาระหว่าง KHP กับ NaOH

ยกตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยชั่งโพแทสเซียม

ไฮโดรเจนพาทาเลตมา (KHP) มา 0.3054 g และใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.0632 ml

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$C_{NaOH} = 0.3054/(204.22x\ 1\ x\ 3.0632)\ x\ 1000$$

$$= 0.4882\ M$$

ภาคผนวก ค

การคำนวณการชั่งแอนไอออนที่ใช้ในการศึกษาเพื่อให้ได้ความเข้มข้น 0.1 N

การศึกษานี้ศึกษาสารละลายแอนไอออนที่มีผลต่อการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกโดยจะเติมสารละลายแอนไอออนปริมาตร 0.02 ml ลงไปในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก การศึกษานี้มีการเตรียมสารละลายแอนไอออน 0.1 N ปริมาตร 100 ml โดยคำนวณจากสูตร

น้ำหนักแอนไอออน (g) = ความเข้มข้น (N) x น้ำหนักสมมูล (g/mole) x ปริมาตร (L)

โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.1 N

น้ำหนักโซเดียมคลอไรด์ที่ชั่ง (g) = 0.1 N x 58.5 g/mol x 0.1 L

= 0.585 g.

โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ความเข้มข้น 0.1 N

น้ำหนักโซเดียมซัลเฟตที่ชั่ง (g) = 0.1 N x 142.04 g/mol x 0.1 L

= 1.4204 g.

โซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 0.1 N

น้ำหนักโซเดียมไนไตรท์ที่ชั่ง (g) = 0.1 N x 69 g/mol x 0.1 L

= 0.69 g.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ความเข้มข้น 0.1 N

น้ำหนักโซเดียมคาร์บอเนตที่ชั่ง (g) = 0.1 N x 84.01 g/mol x 0.1 L

= 0.8401 g

โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 0.05 M

น้ำหนักโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ชั่ง (g) = 0.1 N x 105.99 g/mol x 0.1 L

= 1.0599 g

โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N

น้ำหนักโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ชั่ง (g) = 0.1 N x 40 g/mol x 0.1 L

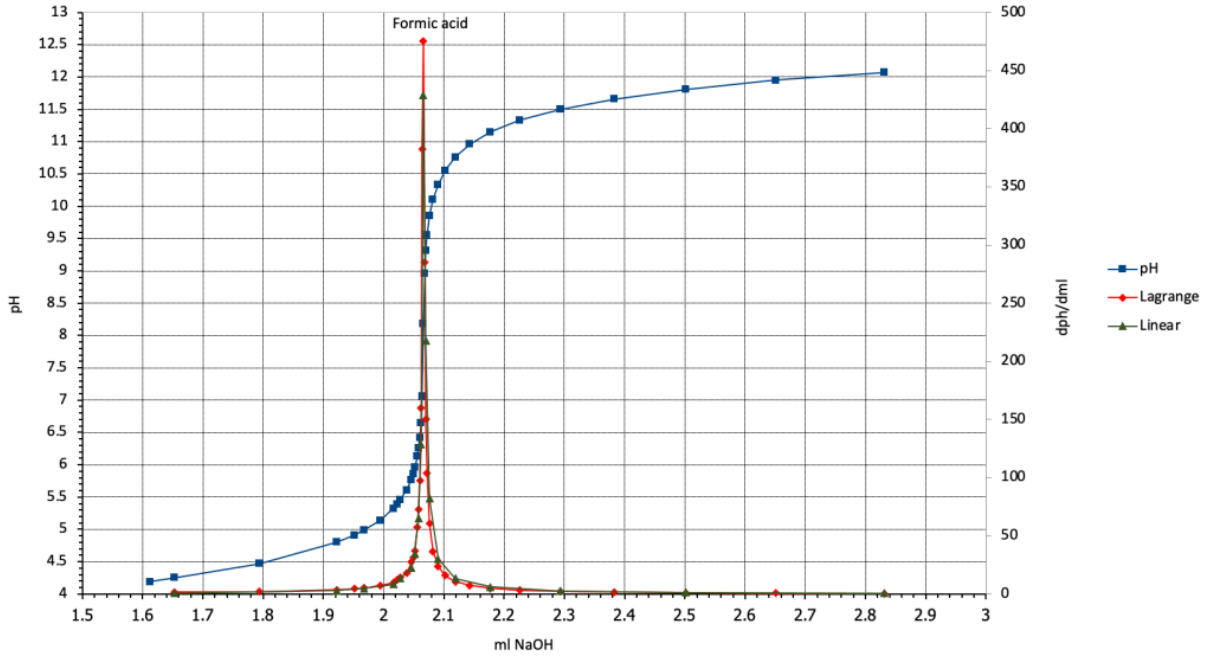
= 0.4 g

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

การหาจุดสมมูลจากกราฟการไทเทรต

ทำการไทเทรตตัวอย่างที่เป็นกรดด้วยสารละลายเบสแล้ววัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณเบสที่หยดลงไป ในช่วงที่อยู่ห่างจุดสมมูลนั้นค่า pH จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลง (ค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงต่อปริมาณเบสที่หยด) ที่ต่ำ แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าใกล้จุดสมมูล และมีค่าสูงสุดที่จุดสมมูล เมื่อพ้นจากจุดสมมูลไปแล้วอัตราการเปลี่ยนแปลงจะลดต่ำลง ดังภาพที่ ค.1

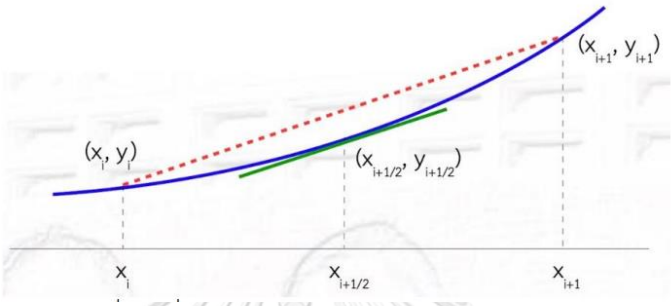


CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ ค.1 กราฟการไทเทรตตัวอย่างกรดฟอร์มิก (HCOOH) ด้วยเบสแก่ (NaOH 0.4882 mol/l) โดยที่เส้นสีน้ำเงินคือค่า pH ที่วัดได้เมื่อเติมเบสลงไป และเส้นสีแดงและเส้นสีเขียวคือค่าความชันของเส้นสีน้ำเงินที่คำนวณด้วยเทคนิคต่างกัน

การระบุตำแหน่งที่ค่า pH มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดจากกราฟค่า pH กับปริมาตรที่หยดจะได้ยาก (เส้นสีน้ำเงินในภาพที่ ค.1) วิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้การระบุตำแหน่งดังกล่าวทำได้ง่ายขึ้นก็คือการคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง pH แล้วนำมาเขียนกราฟใหม่เป็นกราฟระหว่างค่า d(pH)/d(ml) กับปริมาตรเบสที่หยด ตำแหน่งที่เป็นจุดสูงสุดของพีคที่ได้คือตำแหน่งจุดสมมูล (ถ้าเป็นการไทเทรตเบสด้วยสารละลายกรด พีคที่ได้จะกลับหัว)

วิธีการคำนวณวิธีแรก คือเทคนิค finite difference ในวิธีนี้ ถ้ามีจุดข้อมูล 2 จุด คือ (x_i, y_i) และ (x_{i+1}, y_{i+1}) ความชันของเส้นตรงที่เชื่อมต่อสองจุดนี้คือ $(y_{i+1}- y_i)/ (x_{i+1}- x_i)$ ซึ่งความชันของเส้นตรงเส้นนี้จะเป็นค่าประมาณของความชันของจุดกึ่งกลางระหว่าง x_i และ x_{i+1} คือจุด $(x_1+x_2)/2$ หรือ $x_{i+1/2}$ (ภาพที่ ค.2)



ภาพที่ ค.2 เส้นประสีแดงที่ลากเชื่อมจุด (xi , yi) และ (xi+1, yi+1) มีความชันเท่ากับ (yi+1- yi)/ (xi+1- xi) ความชันของเส้นสีแดงใกล้เคียงกับเส้นสัมผัสโค้งที่จุด (xi+1/2, yi+1/2) (เส้นสีเขียว)

วิธีการคำนวณวิธีที่สอง คือการใช้ฟังก์ชันพหุนาม (polynomial) สร้าง interpolation function ขึ้นมาก่อน โดยวิธีการนี้จะได้ฟังก์ชันต่อเนื่องสำหรับคำนวณค่า y ที่จุด x ใด ๆ จากนั้นทำการ differential หรือการค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันที่สร้างขึ้น เช่น ถ้าใช้จุดข้อมูล 3 จุด จะสามารถสร้างสมการกำลังสองได้ และวิธีการหนึ่งที่สร้างสมการกำลังสองได้ง่ายจากจุดข้อมูล 3 จุด (a, f(a)), (b, f(b)), (c, f(c)) คือการใช้ฟังก์ชันพหุนามลากรองจ์ (Lagrange polynomial) ซึ่งในกรณีของจุดข้อมูล 3 จุด ฟังก์ชันจะเป็นสมการดังสมการที่ (1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

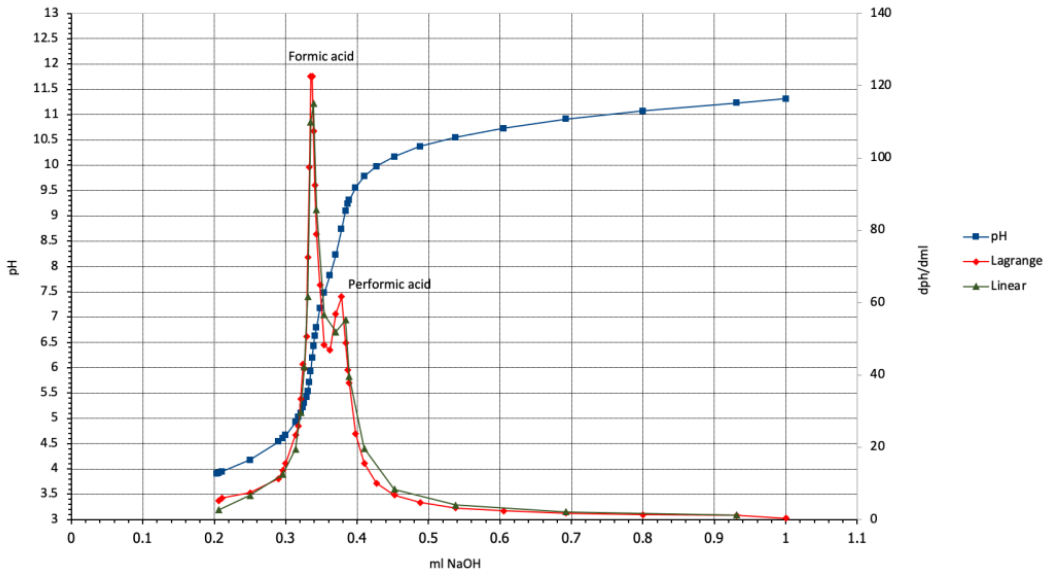
$$P_2(x) = \frac{(x-b)(x-c)}{(a-b)(a-c)} f(a) + \frac{(x-a)(x-c)}{(b-a)(b-c)} + \frac{(x-a)(x-b)}{(c-a)(c-b)} f(c) \qquad (1)$$

ถ้าทำการ differentiate สมการที่ (1) 1 และ 2 ครั้ง จะได้สมการสำหรับคำนวณค่าอนุพันธ์อันดับ 1 และอันดับ 2 ดังนี้

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2x-(b+c)}{(a-b)(a-c)} f(a) + \frac{2x-(a+c)}{(b-a)(b-c)} f(b) + \frac{2x-(a+b)}{(c-a)(c-b)} f(c) \qquad (2)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{2f(a)}{(a-b)(a-c)} + \frac{2f(b)}{(b-a)(b-c)} + \frac{2f(c)}{(c-a)(c-b)} \quad (3)$$

ภาพที่ ค.1 และ ค.3 ที่นำมาเป็นตัวอย่างนั้นได้จากการไทเทรตด้วยเครื่องไทเทรตอัตโนมัติที่เครื่องจะทำการปรับปริมาตรเบสที่เติมตามอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH ทำให้จุดข้อมูลที่ได้มานั้นห่างกันเป็นระยะที่ไม่คงที่ คือ ช่วงที่ค่า pH เปลี่ยนช้าจุดก็จะห่างกัน แต่ถ้าเป็นช่วงที่ค่า pH เปลี่ยนเร็วจุดจะอยู่ใกล้กัน เนื่องจากความละเอียดของการเติมเบสนั้นสูงกว่าความไวในการวัดค่า pH เมื่อนำข้อมูลค่า pH ที่ได้จากการวัดจริงมาคำนวณค่าอนุพันธ์ กราฟอนุพันธ์จึงมีการแกว่งไปมาได้ โดยเฉพาะตรงบริเวณจุดสมมูลที่มีการเปลี่ยนค่า pH อย่างรวดเร็ว การใช้ค่าอนุพันธ์ในการหาตำแหน่งจุดสมมูลจะช่วยให้การแปลผลไทเทรตที่เปลี่ยนแปลงค่า pH นั้นไม่เด่นชัด หรือในกรณีที่จุดสมมูลของกรดแต่ละตัวนั้นอยู่ใกล้กัน



ภาพที่ ค.3 กราฟการไทเทรตตัวอย่างที่ประกอบด้วยกรดฟอร์มิกและกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยเบสแก่ (NaOH 0.4882 mol/l) เส้นสีน้ำเงินคือค่า pH ที่วัดได้เมื่อเติมเบสลงไป และเส้นสีแดงและเส้นสีเขียว

คือค่าความชันของเส้นสีน้ำเงิน

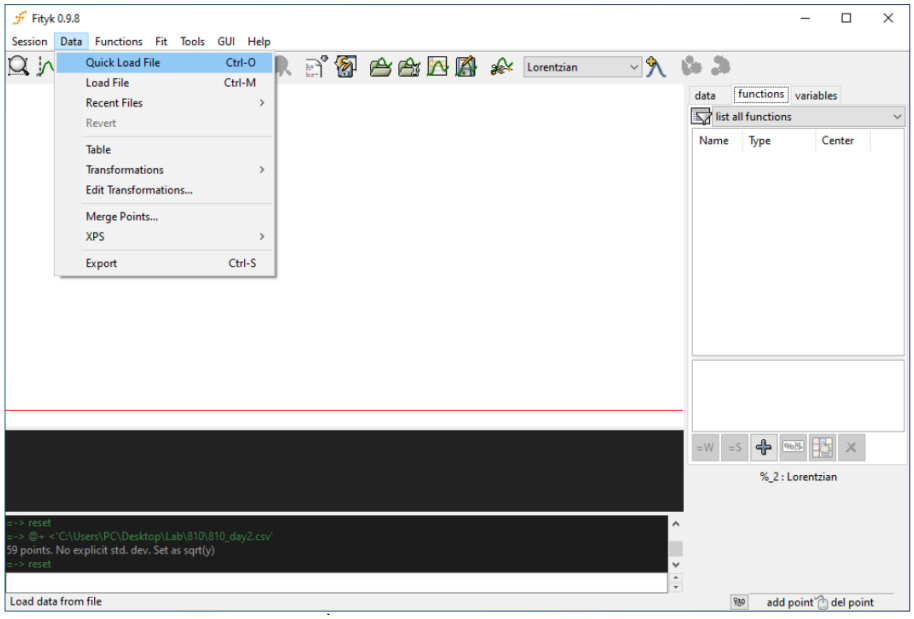
ภาคผนวก จ

การหาตำแหน่งของจุดสมมูลของกราฟการไทเทรตด้วยโปรแกรม fityk

หลังจากการไทเทรตจะได้ข้อมูล 2 ส่วน คือค่า pH และปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม จากนั้นนำมาคำนวณค่า dpH/dml (ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH) โดยจะนำข้อมูลปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม (ml) และ dpH/dml

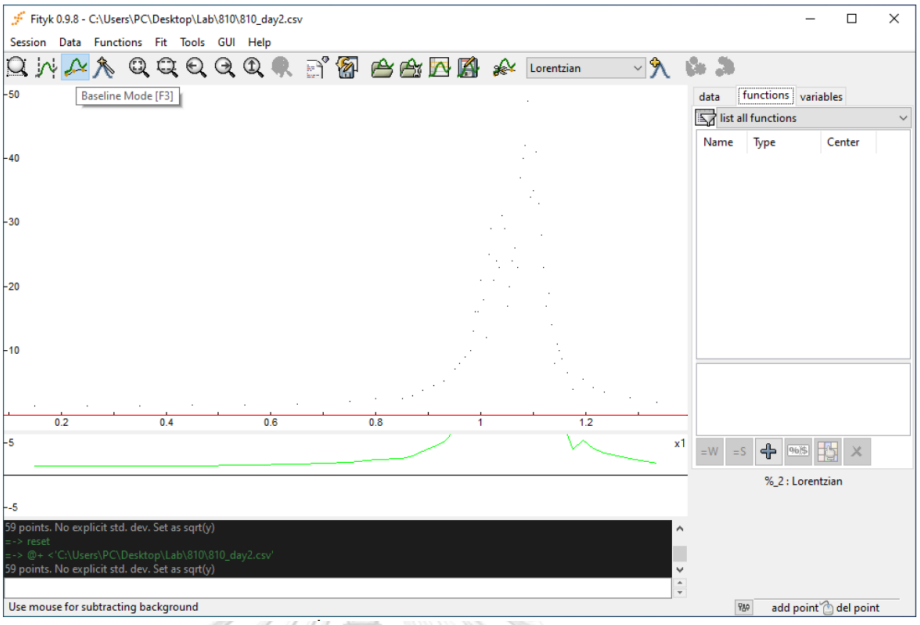
บันทึกเป็นไฟล์ .csv (สำหรับ spreadsheet) โดยใช้โปรแกรม fityk อ่านค่าข้อมูล

เมื่อเปิดโปรแกรม fityk แล้ว เปิดเมนู Data ที่แทบเครื่องเมื่อด้านบน จากนั้นเลือกที่ Quick Load File ตามภาพที่ จ.1 จากนั้นเลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการ



ภาพที่ จ.1 เมนู Quick Load File

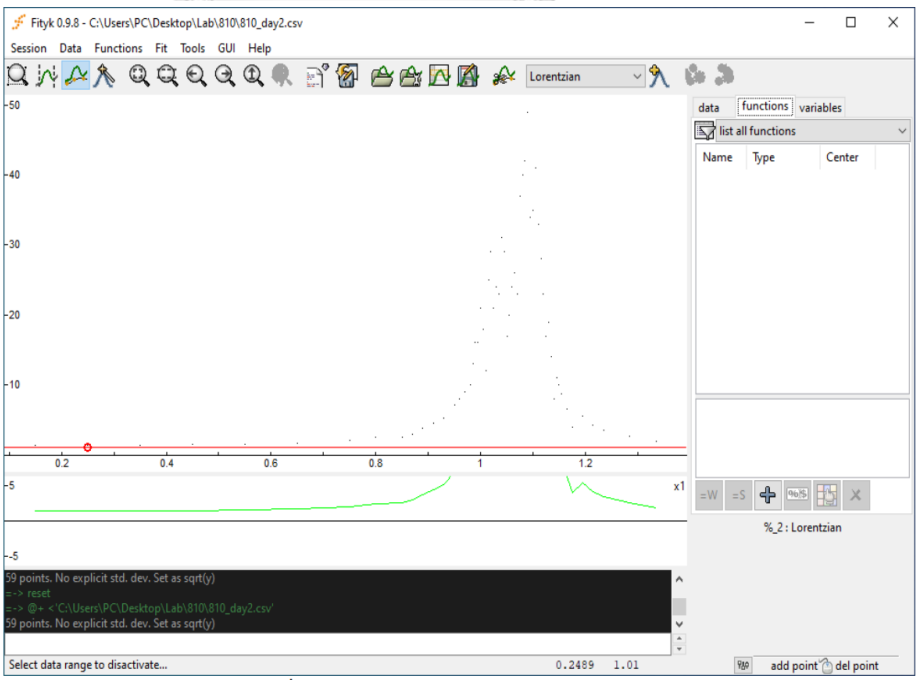
เมื่อเปิดไฟล์ที่เลือกแล้ว จะขึ้นเป็นจุดตามข้อมูลในไฟล์ ดังภาพที่ จ.2



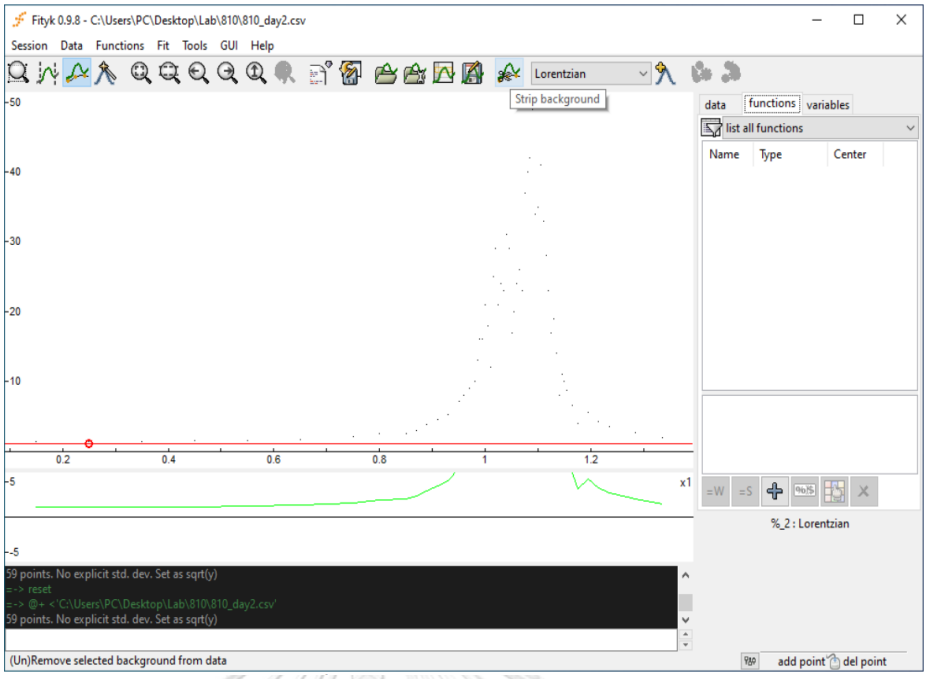
ภาพที่ จ.2 ตัวอย่างจุดตามไฟล์ข้อมูล

จากนั้นเลือกเมนู Baseline Mode ตามภาพที่ จ.2 และทำการระบุตำแหน่งโดยเลือกตำแหน่งที่ต่ำกว่า

จุดที่ต่ำที่สุดของข้อมูล ตามภาพที่ จ.3 และทำการตัดเส้น Baseline โดยเมนู Strip background ตามภาพที่ จ.4

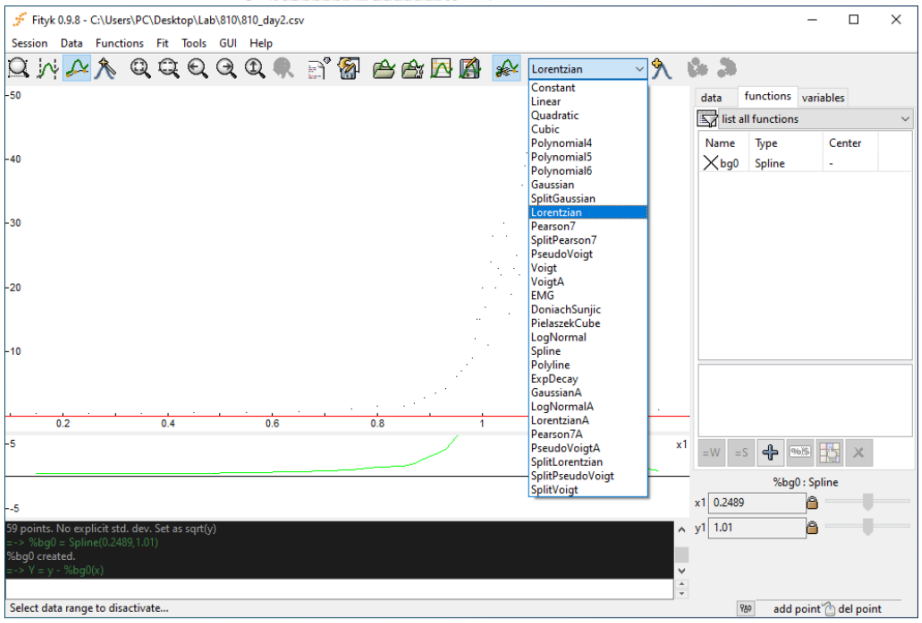


ภาพที่ จ.3 การเลือกตำแหน่งเส้น Baseline

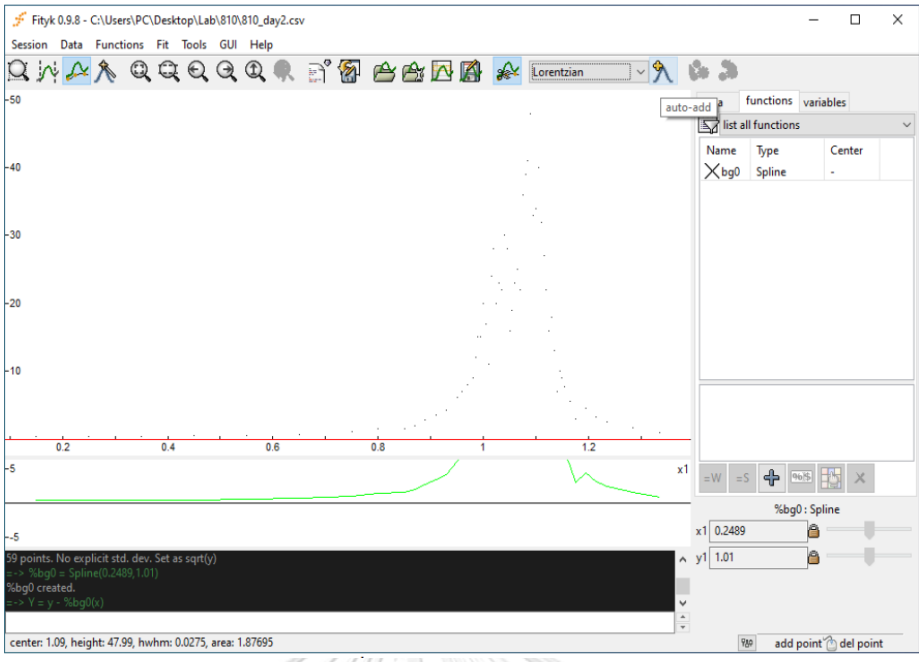


ภาพที่ จ.4 เมนู Strip background

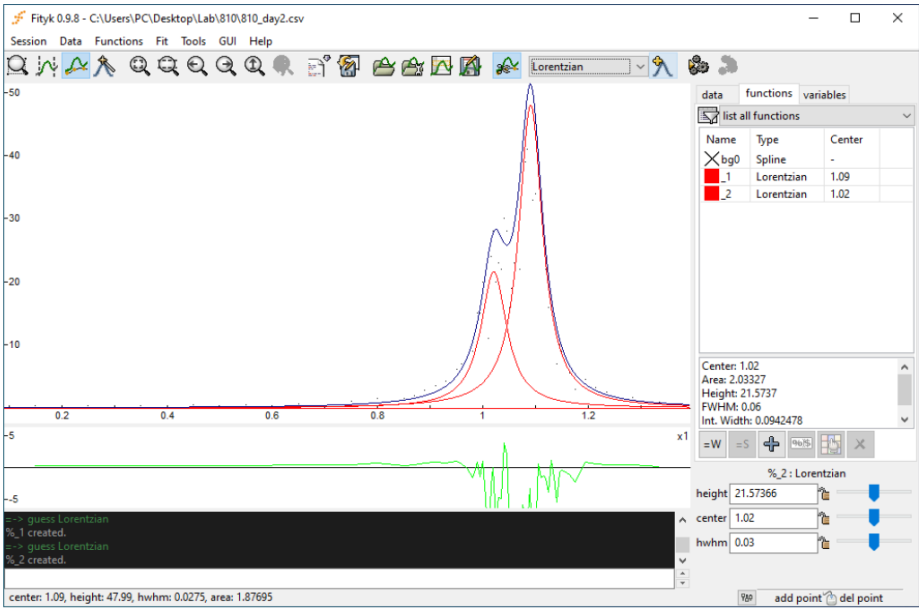
เลือกฟังก์ชันชนิด Lorentzian ตามภาพที่ จ.5 จากนั้นเลือกเมนู Auto-add ทำการเพิ่ม peak 2 พีค ดังภาพที่ จ.6 และภาพที่ จ.7



ภาพที่ จ.5 ชนิดของฟังก์ชัน

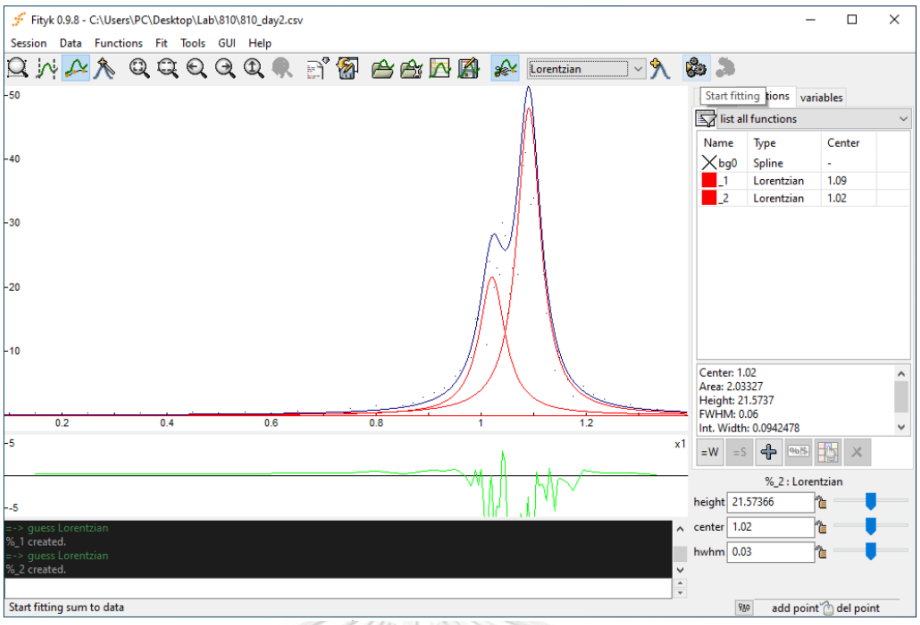


ภาพที่ จ.6 เมนู Auto-add



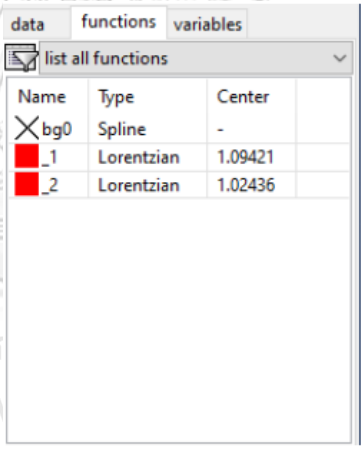
ภาพที่ จ.7 Peak ของกราฟข้อมูล

และทำ peak fitting โดยเลือกเมนูStart fitting ตามภาพที่ จ.8 และภาพที่ จ. 9



ภาพที่ จ.9 Peak fitting

สุดท้ายทำการอ่านค่าของตำแหน่งของจุดสมมูลที่เมนู list all function ตามภาพที่ จ.10



ภาพที่ จ.10 เมนู list all function

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าปริมาณรวมของกรดฟอร์มิก กรดฟอร์มิกที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่เหลือ ปริมาณรวมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือ

ยกตัวอย่างการคำนวณการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คือ 1:1.5 โดยใช้น้ำกลั่น วันที่ 0 ที่เวลา 10 นาทีหลังจากการผสม ในหัวข้อที่ 4.1 (ผลการทดลองอยู่ในภาพที่ 4.1ก และตารางที่ 4.1ก)

ตัวอย่างนี้เตรียมจากการผสมกรดเปอร์ฟอร์มิก 17.2 ml + ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml ปิเปตตัวอย่างมาไทเทรต 0.1240 g ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการไทเทรตความเข้มข้น 0.4882 M และใช้ปริมาตรการไทเทรตกรดทั้งหมด 1.095 ml

(ข้อมูลดิบการไทเทรตจากภาคผนวก ช ตารางที่ ช.1)

<u>กรดฟอร์มิก</u>

จำนวนโมลของของกรดฟอร์มิก = $0.4882 \times (1.05/1000) = 5.13 \times 10^{-4}$ mol

น้ำหนักของกรดฟอร์มิกที่เหลือ = $5.13 \times 10^{-4} \times 46.03 = 2.36 \times 10^{-2}$ g

%w/w ของกรดฟอร์มิกที่เหลือ = $(2.36 \times 10^{-2})/0.1240 \times 100 = 19.03\%$

%w/w ของปริมาณกรดรวมทั้งหมดที่เป็นกรดฟอร์มิก = $5.35 \times 10^{-4} \times (46.03/0.1240) \times 100 = 19.84\%$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>กรดเปอร์ฟอร์มิก</u>

จำนวนโมลของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิด = $0.4882 \times (1.095 - 1.05)/1000 = 2.2 \times 10^{-5}$ mol

น้ำหนักของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิด = $2.2 \times 10^{-5} \times 62.024 = 1.36 \times 10^{-5}$ g

%w/w ของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิด = $(1.36 \times 10^{-5})/0.1240 \times 100 = 1.10\%$

ปริมาณโมลกรดรวมทั้งหมด = (5.13 x 10-4) + (2.2 x 10-5) = 5.35×10^{-4} mol

(โมลกรดฟอร์มิก + โมลกรดเปอร์ฟอร์มิก)

<u>ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์</u>

ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่หาโดยการไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ความเข้มข้น 0.02833 M

การไทเทรต 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง 0.2362 g ใช้สารละลาย $KMnO_4$ รวมทั้งหมด 31.7 ml

จำนวนโมลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือ = (31.7/1000 x 0.02833) x 2.5 = 2.25 x 10^{-3} mol

($KMnO_4$ ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ในสัดส่วน $KMnO_4$ 1 ส่วนต่อ H_2O_2 2.5 ส่วน)

น้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือ = 2.25 x 10^{-3}x 34.015 = 7.64 x 10^{-2}g

%wt ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือ = (7.64 x 10-2)/0.2362 x 100 = 32.33%

%wt ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ไปเป็น PFA = 1.10 x (34.015/62.024) = 0.6%

%wt ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่หมด = 32.33 + 0.6 = 33.93%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

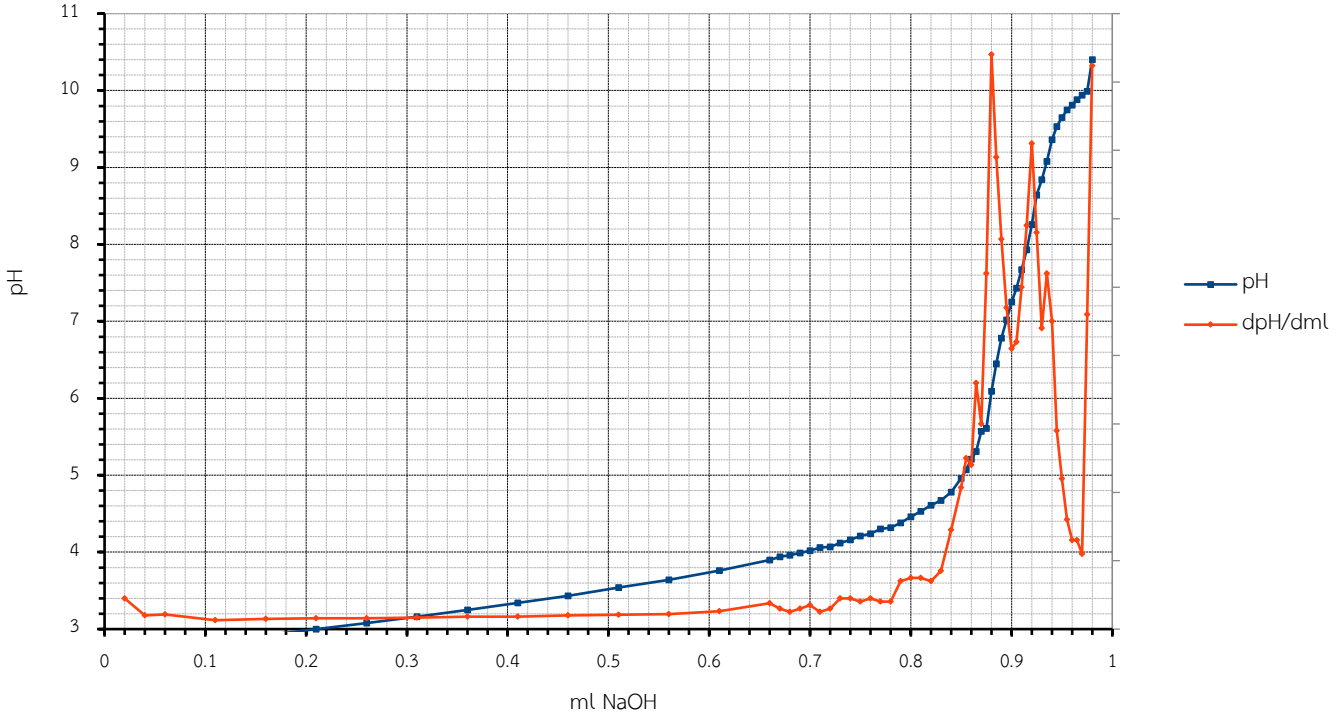
ภาคผนวก ช

ข้อมูลดิบการไทเทรตด้วยเครื่อง Desktop pH meter ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5

ข้อมูลการไทเทรตเพื่อหากรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและหากรดฟอร์มิกที่เหลือในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น ชนิดและควาเข้มข้นของกรดที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 8 วัน

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1087 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 1 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

ไทเทรด **H_2O_2** 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2246 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.76 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมลH_2O_2	0.00204 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.069 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.96
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.61
Total wt% ของ H_2O_2	31.57

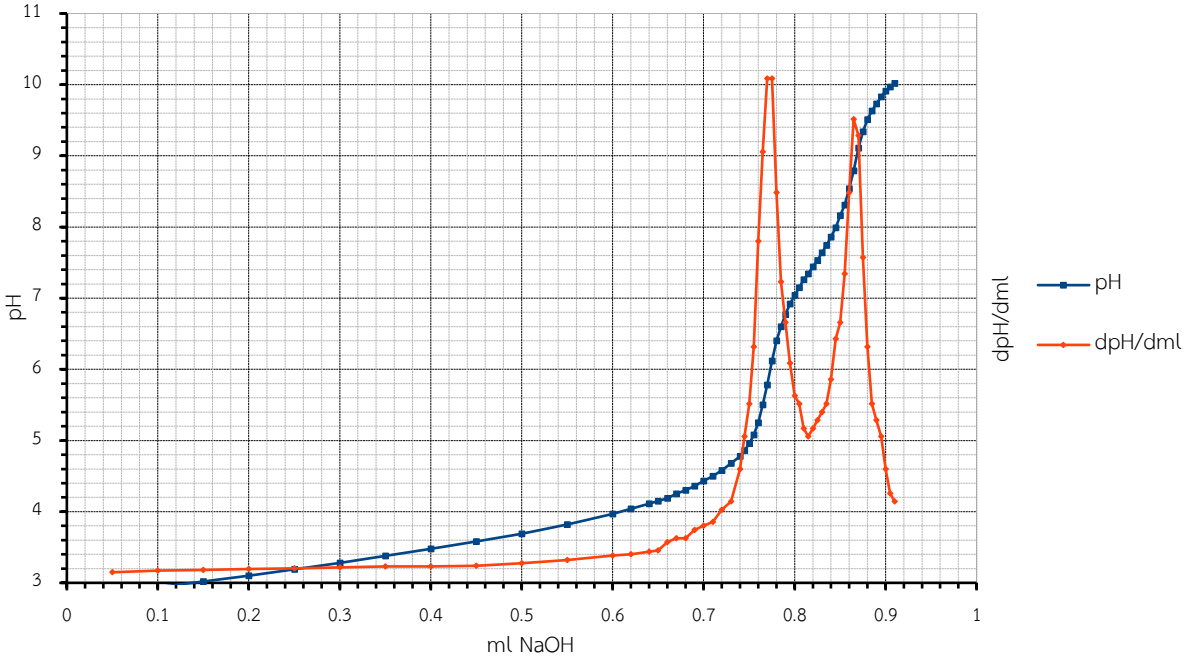
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 1 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	2.56	
0.02	2.71	4.5
0.04	2.74	2.0
0.06	2.79	2.1
0.11	2.85	1.3
0.16	2.92	1.5
0.21	3	1.6
0.26	3.08	1.6
0.31	3.16	1.7
0.36	3.25	1.8
0.41	3.34	1.8
0.46	3.43	2.0
0.51	3.54	2.1
0.56	3.64	2.2
0.61	3.76	2.6
0.66	3.9	3.8
0.67	3.94	3.0
0.68	3.96	2.5
0.69	3.99	3.0
0.7	4.02	3.5
0.71	4.06	2.5
0.72	4.07	3.0
0.73	4.12	4.5
0.74	4.16	4.5
0.75	4.21	4.0
0.76	4.24	4.5
0.77	4.3	4.0
0.78	4.32	4.0
0.79	4.38	7.0
0.8	4.46	7.5
0.81	4.53	7.5
0.82	4.61	7.0
0.83	4.67	8.5
0.84	4.78	14.5
0.85	4.96	20.7
0.855	5.07	25.0
0.86	5.21	24.0
0.865	5.31	36.0
0.87	5.57	30.0
0.875	5.61	52.0
0.88	6.09	84.0
0.885	6.45	69.0
0.89	6.78	57.0
0.895	7.02	47.0
0.9	7.25	41.0
0.905	7.43	42.0
0.91	7.67	50.0
0.915	7.93	59.0
0.92	8.26	71.0
0.925	8.64	58.0
0.93	8.84	44.0
0.935	9.08	52.0
0.94	9.36	45.0
0.945	9.53	29.0
0.95	9.65	22.0
0.955	9.75	16.0
0.96	9.81	13.0
0.965	9.88	13.0
0.97	9.94	11.0
0.975	9.99	46.0
0.98	10.4	82.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1087 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 2 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด **H_2O_2** 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2145 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02962 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0018 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.063 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.83
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.45
Total wt% ของ H_2O_2	31.28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

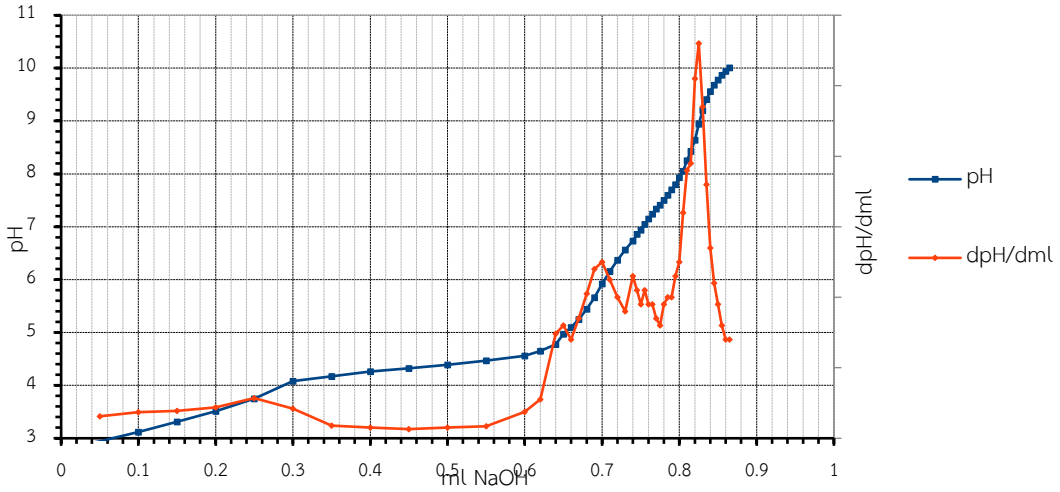
ตาราง ช. 2 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	2.81	
0.05	2.87	1.3
0.1	2.94	1.5
0.15	3.02	1.6
0.2	3.1	1.7
0.25	3.19	1.8
0.3	3.28	1.9
0.35	3.38	2.0
0.4	3.48	2.0
0.45	3.58	2.1
0.5	3.69	2.4
0.55	3.82	2.8
0.6	3.97	3.4
0.62	4.04	3.5
0.64	4.11	3.8
0.65	4.15	4.0
0.66	4.19	5.0
0.67	4.25	5.5
0.68	4.3	5.5
0.69	4.36	6.5
0.7	4.43	7.0
0.71	4.5	7.5
0.72	4.58	9.0
0.73	4.68	10.0
0.74	4.78	14.0
0.745	4.86	18.0
0.75	4.96	22.0
0.755	5.08	29.0
0.76	5.25	42.0
0.765	5.5	53.0
0.77	5.78	62.0
0.775	6.12	62.0
0.78	6.4	48.0
0.785	6.6	37.0
0.79	6.77	32.0
0.795	6.92	27.0
0.8	7.04	23.0
0.805	7.15	22.0
0.81	7.26	19.0
0.815	7.34	18.0
0.82	7.44	19.0
0.825	7.53	20.0
0.83	7.64	21.0
0.835	7.74	22.0
0.84	7.86	25.0
0.845	7.99	30.0
0.85	8.16	32.0
0.855	8.31	38.0
0.86	8.54	48.0
0.865	8.79	57.0
0.87	9.11	55.0
0.875	9.34	40.0
0.88	9.51	29.0
0.885	9.63	22.0
0.89	9.73	20.0
0.895	9.83	18.0
0.9	9.91	14.0
0.905	9.97	11.0
0.91	10.02	10.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด 0.1072 g

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.4882 M



รูป ช. 3 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด **H_2O_2** 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2223 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.029 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0019 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0653 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.35
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.091
Total wt% ของ H_2O_2	31.44

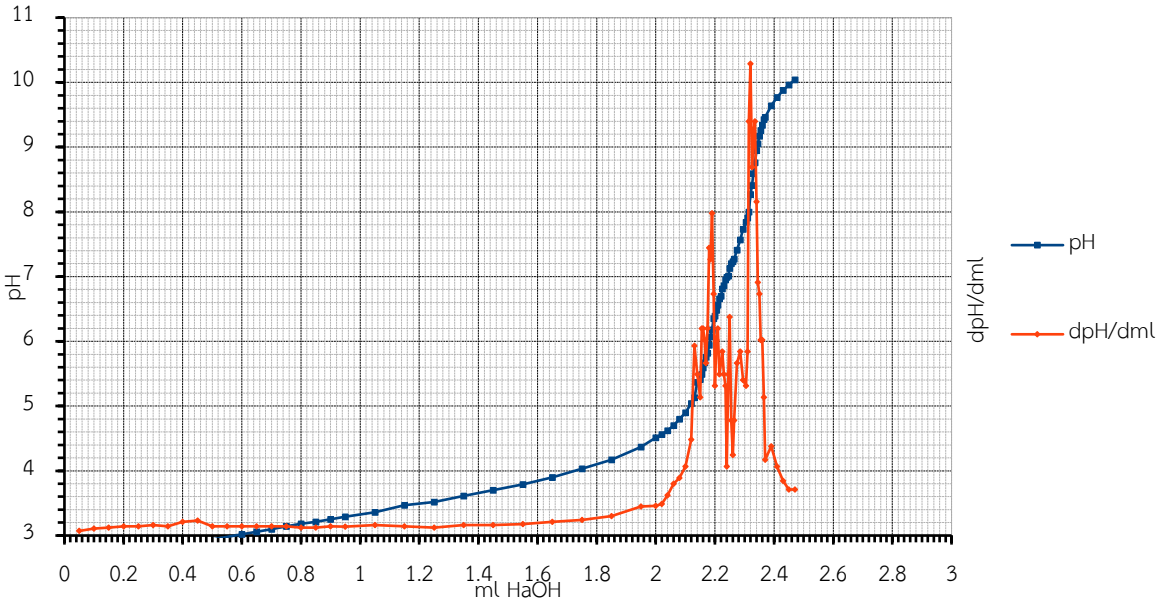
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 3 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	2.81	
0.05	2.94	3.10
0.1	3.12	3.70
0.15	3.31	3.90
0.2	3.51	4.40
0.25	3.75	5.70
0.3	4.08	4.20
0.35	4.17	1.80
0.4	4.26	1.50
0.45	4.32	1.30
0.5	4.39	1.50
0.55	4.47	1.70
0.6	4.56	3.73
0.62	4.65	5.50
0.64	4.78	14.83
0.65	4.97	16.00
0.66	5.1	14.00
0.67	5.25	17.00
0.68	5.44	20.50
0.69	5.66	24.00
0.7	5.92	25.00
0.71	6.16	22.50
0.72	6.37	20.00
0.73	6.56	18.00
0.74	6.73	23.00
0.745	6.86	21.00
0.75	6.94	19.00
0.755	7.05	21.00
0.76	7.15	19.00
0.765	7.24	19.00
0.77	7.34	17.00
0.775	7.41	16.00
0.78	7.5	19.00
0.785	7.6	20.00
0.79	7.7	20.00
0.795	7.8	23.00
0.8	7.93	25.00
0.805	8.05	32.00
0.81	8.25	38.00
0.815	8.43	39.00
0.82	8.64	51.00
0.825	8.94	56.00
0.83	9.2	47.00
0.835	9.41	36.00
0.84	9.56	27.00
0.845	9.68	22.00
0.85	9.78	19.00
0.855	9.87	16.00
0.86	9.94	14.00
0.865	10.01	14.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.536	g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882	M



รูป ช. 4 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1361	g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12	ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.029	M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0008	mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.030	g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.21	
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.43	
Total wt% ของ H_2O_2	22.65	

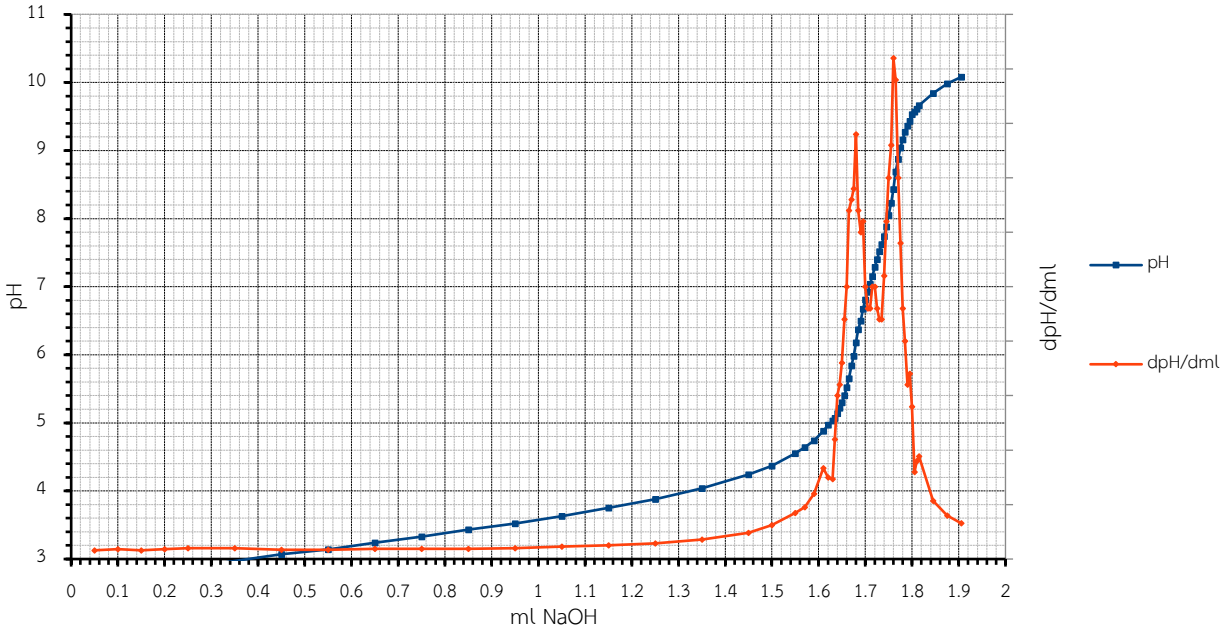
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 4 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
-	2.54	
0.05	2.55	0.40
0.10	2.58	0.60
0.15	2.61	0.70
0.20	2.65	0.80
0.25	2.69	0.80
0.30	2.73	0.90
0.35	2.78	0.80
0.40	2.81	1.20
0.45	2.90	1.30
0.50	2.94	0.80
0.55	2.98	0.80
0.60	3.02	0.80
0.65	3.06	0.80
0.70	3.10	0.80
0.75	3.14	0.80
0.80	3.18	0.70
0.85	3.21	0.70
0.90	3.25	0.80
0.95	3.29	0.77
1.05	3.36	0.90
1.15	3.47	0.80
1.25	3.52	0.70
1.35	3.61	0.90
1.45	3.70	0.90
1.55	3.79	1.00
1.65	3.90	1.20
1.75	4.03	1.35
1.85	4.17	1.70
1.95	4.37	2.53
2.00	4.51	2.59
2.02	4.56	2.75
2.04	4.62	3.50
2.06	4.70	4.50
2.08	4.80	5.00
2.10	4.90	6.00
2.12	5.04	8.33
2.13	5.13	16.5
2.14	5.37	14.0
2.15	5.41	12.0
2.16	5.49	18.0
2.16	5.59	18.0
2.17	5.67	17.0
2.17	5.76	15.0
2.18	5.82	18.0
2.18	5.94	25.0
2.19	6.07	24.0
2.19	6.18	28.0
2.20	6.35	21.0
2.20	6.39	13.0
2.21	6.48	17.0
2.21	6.56	18.0
2.22	6.66	14.0
2.22	6.70	15.0
2.23	6.81	16.0
2.23	6.86	14.0
2.24	6.95	13.0
2.24	6.99	6.00
2.25	7.01	14.0
2.25	7.13	19.0
2.26	7.20	10.0
2.26	7.23	7.00
2.27	7.27	10.0
2.28	7.41	15.0
2.29	7.57	16.0
2.30	7.73	13.5
2.31	7.84	13.0
2.31	7.91	16.0
2.32	8.00	36.0
2.32	8.27	41.0
2.33	8.41	32.0
2.33	8.59	35.0
2.34	8.76	36.0
2.34	8.95	29.0
2.35	9.05	22.0
2.35	9.17	21.0
2.36	9.26	17.0
2.36	9.34	17.0
2.37	9.43	12.0
2.37	9.46	6.60
2.39	9.64	7.75
2.41	9.77	6.00
2.43	9.88	4.75
2.45	9.96	4.00
2.47	10.04	4.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5297 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 5 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1077 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	8.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0006 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.021 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.18
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.25
Total wt% ของ H_2O_2	19.43

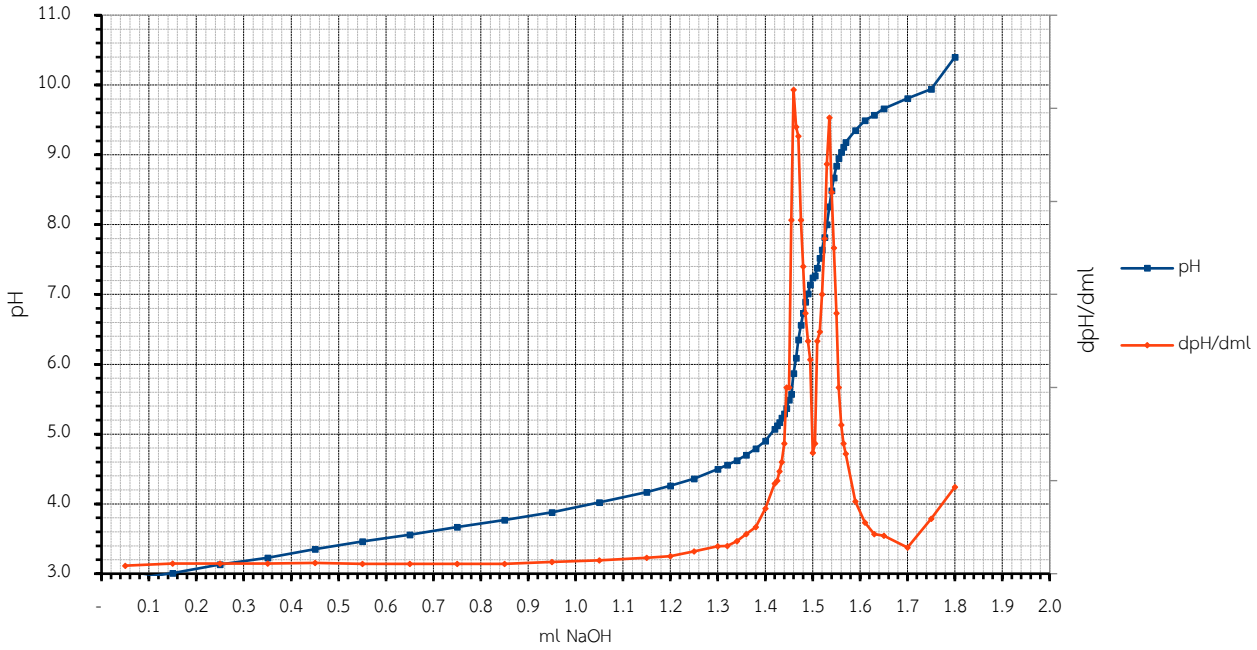
ตาราง ช. 5 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	2.66	
0.05	2.69	0.80
0.1	2.74	0.90
0.15	2.78	0.80
0.2	2.82	0.90
0.25	2.87	1.00
0.35	2.97	1.00
0.45	3.07	0.85
0.55	3.14	0.85
0.65	3.24	0.95
0.75	3.33	0.95
0.85	3.43	0.95
0.95	3.52	1.00
1.05	3.63	1.15
1.15	3.75	1.25
1.25	3.88	1.45
1.35	4.04	1.80
1.45	4.24	2.40
1.5	4.37	3.10
1.55	4.55	4.24
1.57	4.64	4.75
1.59	4.74	6.00
1.61	4.88	8.33
1.62	4.97	7.50
1.63	5.03	7.33
1.635	5.07	11.0
1.64	5.14	15.0
1.645	5.22	16.0
1.65	5.3	18.0
1.655	5.4	22.0
1.66	5.52	25.0
1.665	5.65	32.0
1.67	5.84	33.0
1.675	5.98	34.0
1.68	6.18	39.0
1.685	6.37	32.0
1.69	6.5	30.0
1.695	6.67	31.0
1.7	6.81	25.0
1.705	6.92	23.0
1.71	7.04	23.0
1.715	7.15	25.0
1.72	7.29	25.0
1.725	7.4	23.0
1.73	7.52	22.0
1.735	7.62	22.0
1.74	7.74	26.0
1.745	7.88	31.0
1.75	8.05	35.0
1.755	8.23	38.0
1.76	8.43	46.0
1.765	8.69	44.0
1.77	8.87	35.0
1.775	9.04	29.0
1.78	9.16	23.0
1.785	9.27	20.0
1.79	9.36	16.0
1.795	9.43	17.0
1.8	9.53	14.0
1.805	9.57	8.00
1.81	9.61	9.00
1.815	9.66	9.43
1.845	9.84	5.33
1.875	9.98	4.00
1.905	10.08	3.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด 0.5162 g

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.4622 M



รูป ช. 6 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 4

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

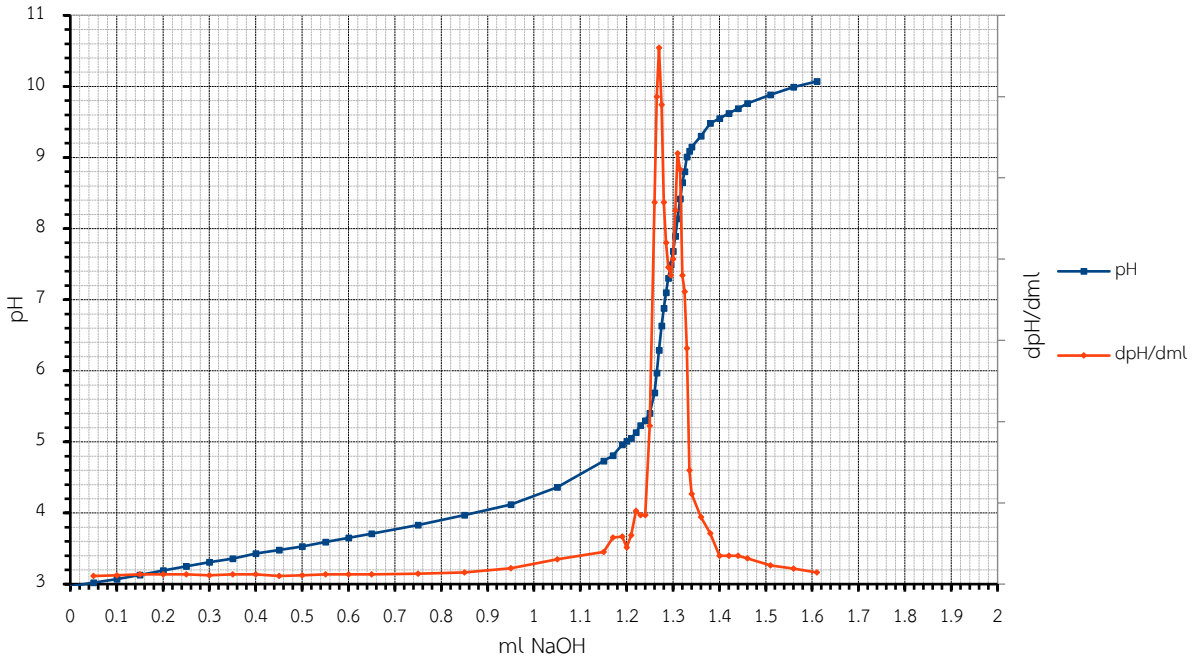
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1745 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.022 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00068 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.023 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	
Total wt% ของ H_2O_2	

ตาราง ช. 6 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
-	2.87	
0.05	2.91	0.87
0.15	3.01	1.10
0.25	3.13	1.10
0.35	3.23	1.10
0.45	3.35	1.15
0.55	3.46	1.05
0.65	3.56	1.05
0.75	3.67	1.05
0.85	3.77	1.05
0.95	3.88	1.25
1.05	4.02	1.45
1.15	4.17	1.70
1.20	4.26	1.90
1.25	4.36	2.40
1.30	4.50	2.94
1.32	4.56	3.00
1.34	4.62	3.50
1.36	4.70	4.25
1.38	4.79	5.00
1.40	4.90	7.00
1.42	5.07	9.70
1.43	5.12	10.0
1.43	5.17	11.0
1.44	5.23	12.0
1.44	5.29	14.0
1.45	5.37	20.0
1.45	5.49	20.0
1.46	5.57	38.0
1.46	5.87	52.0
1.47	6.09	48.0
1.47	6.35	47.0
1.48	6.56	38.0
1.48	6.73	33.0
1.49	6.89	28.0
1.49	7.01	25.0
1.50	7.14	23.0
1.50	7.24	13.0
1.51	7.27	14.0
1.51	7.38	25.0
1.52	7.52	26.0
1.52	7.64	30.0
1.53	7.82	36.0
1.53	8.00	44.0
1.54	8.26	49.0
1.54	8.49	41.0
1.55	8.67	35.0
1.55	8.84	28.0
1.56	8.95	20.0
1.56	9.04	16.0
1.57	9.11	14.0
1.57	9.18	12.9
1.59	9.35	7.75
1.61	9.49	5.50
1.63	9.57	4.25
1.65	9.66	4.07
1.70	9.81	2.80
1.75	9.94	5.90
1.80	10.40	9.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5309 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 7 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 5

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 5

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1908 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.022 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00068 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.023 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	12.25
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.12
Total wt% ของ H_2O_2	12.37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 7 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 5

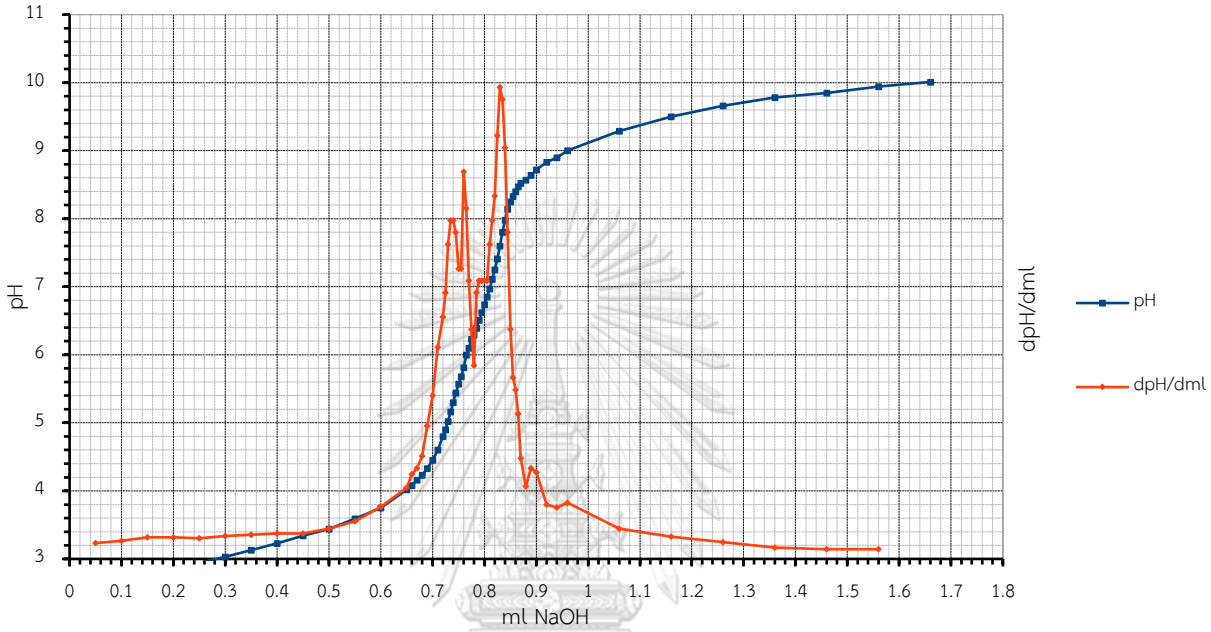
ml	pH	dpH/dml
-	2.97	
0.05	3.02	1.00
0.10	3.07	1.10
0.15	3.13	1.20
0.20	3.19	1.20
0.25	3.25	1.20
0.30	3.31	1.10
0.35	3.36	1.20
0.40	3.43	1.20
0.45	3.48	1.00
0.50	3.53	1.10
0.55	3.59	1.20
0.60	3.65	1.20
0.65	3.71	1.20
0.75	3.83	1.30
0.85	3.97	1.45
0.95	4.12	1.95
1.05	4.36	3.05
1.15	4.73	3.95
1.17	4.81	5.75
1.19	4.96	5.83
1.20	5.01	4.50
1.21	5.05	6.00
1.22	5.13	9.00
1.23	5.23	8.50
1.24	5.30	8.50
1.25	5.40	19.5
1.26	5.69	47.0
1.27	5.97	60.0

ml	pH	dpH/dml
1.27	6.29	66.0
1.28	6.63	59.0
1.28	6.88	47.0
1.29	7.10	42.0
1.29	7.30	39.0
1.30	7.49	38.0
1.30	7.68	40.0
1.31	7.89	46.0
1.31	8.14	53.0
1.32	8.42	51.0
1.32	8.65	38.0
1.33	8.80	36.0
1.33	9.01	29.0
1.34	9.09	14.0
1.34	9.15	11.1
1.36	9.30	8.25
1.38	9.48	6.25
1.40	9.55	3.50
1.42	9.62	3.50
1.44	9.69	3.50
1.46	9.76	3.19
1.51	9.88	2.30
1.56	9.99	1.90
1.61	10.07	1.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.02 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1067 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 8 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

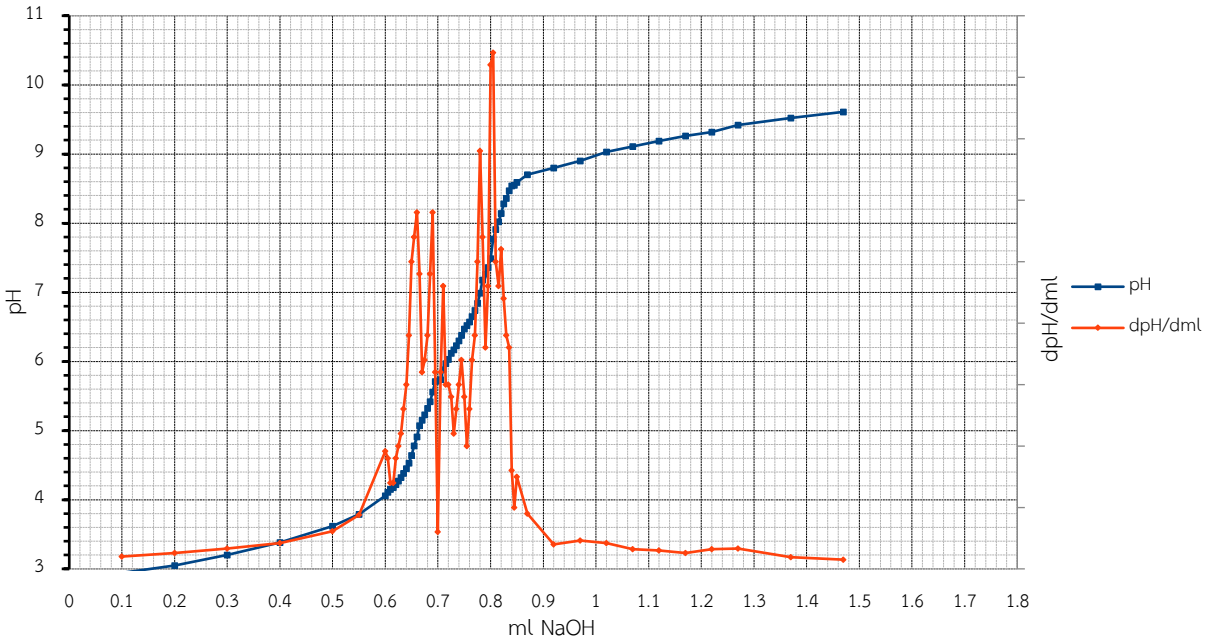
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2331 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	29.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0021 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.073 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.45
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.09
Total wt% ของ H_2O_2	32.54

ตาราง ช. 8 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	2.55	
0.05	2.61	1.3
0.1	2.68	1.5
0.15	2.76	1.8
0.2	2.86	1.8
0.25	2.94	1.7
0.3	3.03	1.9
0.35	3.13	2
0.4	3.23	2.1
0.45	3.34	2.1
0.5	3.44	2.5
0.55	3.59	3.1
0.6	3.75	4.3
0.65	4.02	5.9
0.66	4.08	7
0.67	4.16	7.5
0.68	4.23	8.5
0.69	4.33	11
0.7	4.45	13.5
0.71	4.6	17.5
0.72	4.8	20
0.725	4.9	22
0.73	5.02	26
0.735	5.16	28
0.74	5.3	28
0.745	5.44	27
0.75	5.57	24
0.755	5.68	24
0.76	5.81	32
0.765	6	29
0.77	6.1	23
0.775	6.23	19
0.78	6.29	16
0.785	6.39	22
0.79	6.51	23
0.795	6.62	23
0.8	6.74	23
0.805	6.85	23
0.81	6.97	26
0.815	7.11	28
0.82	7.25	30
0.825	7.41	35
0.83	7.6	39
0.835	7.8	38
0.84	7.98	34
0.845	8.14	27
0.85	8.25	19
0.855	8.33	15
0.86	8.4	14
0.865	8.47	12
0.87	8.52	8.33
0.88	8.57	6
0.89	8.64	7.5
0.9	8.72	7.17
0.92	8.83	4.5
0.94	8.9	4.25
0.96	9	4.65
1.06	9.29	2.5
1.16	9.5	1.85
1.26	9.66	1.4
1.36	9.78	0.95
1.46	9.85	0.8
1.56	9.94	0.8
1.66	10.01	0.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1064 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 9 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2313 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.002 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.068 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.85
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.79
Total wt% ของ H_2O_2	32.64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

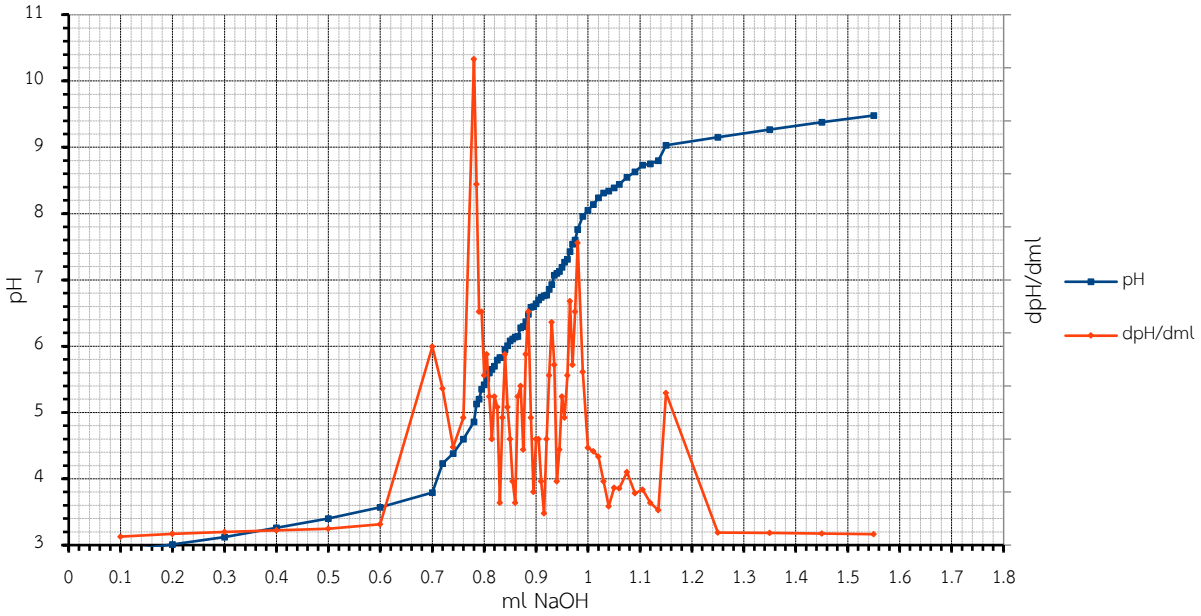
ตาราง ช. 9 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	2.85	
0.1	2.94	1
0.2	3.05	1.3
0.3	3.2	1.65
0.4	3.38	2.1
0.5	3.62	3.07
0.55	3.79	4.4
0.6	4.06	9.58
0.605	4.11	9
0.61	4.15	7
0.615	4.18	7
0.62	4.22	9
0.625	4.27	10
0.63	4.32	11
0.635	4.38	13
0.64	4.45	15
0.645	4.53	19
0.65	4.64	25
0.655	4.78	27
0.66	4.91	29
0.665	5.07	24
0.67	5.15	16
0.675	5.23	17
0.68	5.32	19
0.685	5.42	24
0.69	5.56	29
0.695	5.71	16
0.7	5.72	3
0.705	5.74	16
0.71	5.88	23
0.715	5.97	15
0.72	6.03	15
0.725	6.12	14
0.73	6.17	11
0.735	6.23	13
0.74	6.3	15
0.745	6.38	17
0.75	6.47	14
0.755	6.52	10
0.76	6.57	13
0.765	6.65	17
0.77	6.74	19
0.775	6.84	25
0.78	6.99	34
0.785	7.18	27
0.79	7.26	18
0.795	7.36	23
0.8	7.49	41
0.805	7.77	42
0.81	7.91	25
0.815	8.02	23
0.82	8.14	26
0.825	8.28	22
0.83	8.36	19
0.835	8.47	18
0.84	8.54	8
0.845	8.55	5
0.85	8.59	7.5
0.87	8.7	4.5
0.92	8.8	2
0.97	8.9	2.3
1.02	9.03	2.1
1.07	9.11	1.6
1.12	9.19	1.5
1.17	9.26	1.3
1.22	9.32	1.6
1.27	9.42	1.67
1.37	9.52	0.95
1.47	9.61	0.75
1.57	9.67	0.65
1.67	9.74	0.65
1.77	9.8	0.85
1.87	9.91	0.75
1.97	9.95	0.45
2.07	10	0.28

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1435 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 10 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.127 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0011 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0375 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.56
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.62
Total wt% ของ H_2O_2	31.18

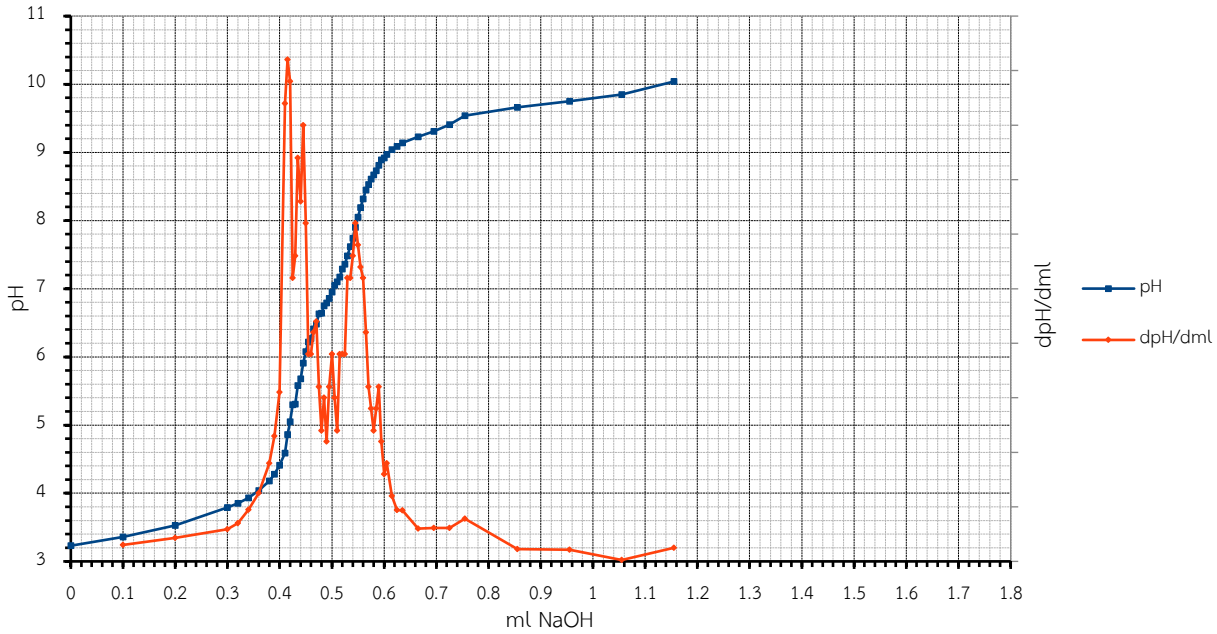
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 10 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	2.85	
0.1	2.91	0.8
0.2	3.01	1.05
0.3	3.12	1.25
0.4	3.26	1.4
0.5	3.4	1.55
0.6	3.57	1.95
0.7	3.79	18.7
0.72	4.23	14.75
0.74	4.38	9.25
0.76	4.6	12
0.78	4.86	45.8
0.785	5.13	34
0.79	5.2	22
0.795	5.35	22
0.8	5.42	16
0.805	5.51	18
0.81	5.6	14
0.815	5.65	10
0.82	5.7	14
0.825	5.79	13
0.83	5.83	4
0.835	5.83	12
0.84	5.95	18
0.845	6.01	13
0.85	6.08	10
0.855	6.11	6
0.86	6.14	4
0.865	6.15	14
0.87	6.28	15
0.875	6.3	9
0.88	6.37	18
0.885	6.48	22
0.89	6.59	12
0.895	6.6	5
0.9	6.64	10
0.905	6.7	10
0.91	6.74	6
0.915	6.76	3
0.92	6.77	10
0.925	6.86	16
0.93	6.93	21
0.935	7.07	17
0.94	7.1	6
0.945	7.13	9
0.95	7.19	14
0.955	7.27	12
0.96	7.31	16
0.965	7.43	23
0.97	7.54	17
0.975	7.6	22
0.98	7.76	28.5
0.99	7.96	16.33
1	8.05	9.17
1.01	8.14	8.83
1.02	8.24	8.33
1.03	8.31	6.00
1.04	8.34	3.67
1.05	8.39	5.40
1.06	8.44	5.33
1.075	8.55	6.89
1.09	8.63	4.89
1.105	8.73	5.22
1.12	8.75	4.00
1.135	8.8	3.30
1.15	9.03	14.35
1.25	9.15	1.18
1.35	9.27	1.15
1.45	9.38	1.10
1.55	9.48	1.03
1.65	9.6	1.05
1.75	9.7	0.82
1.85	9.75	0.50
1.95	9.79	0.53
2.05	9.85	0.65
2.15	9.95	0.82
2.25	10	0.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0749 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 11 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และ กราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1289 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0016 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.055 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.31
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.22
Total wt% ของ H_2O_2	32.52

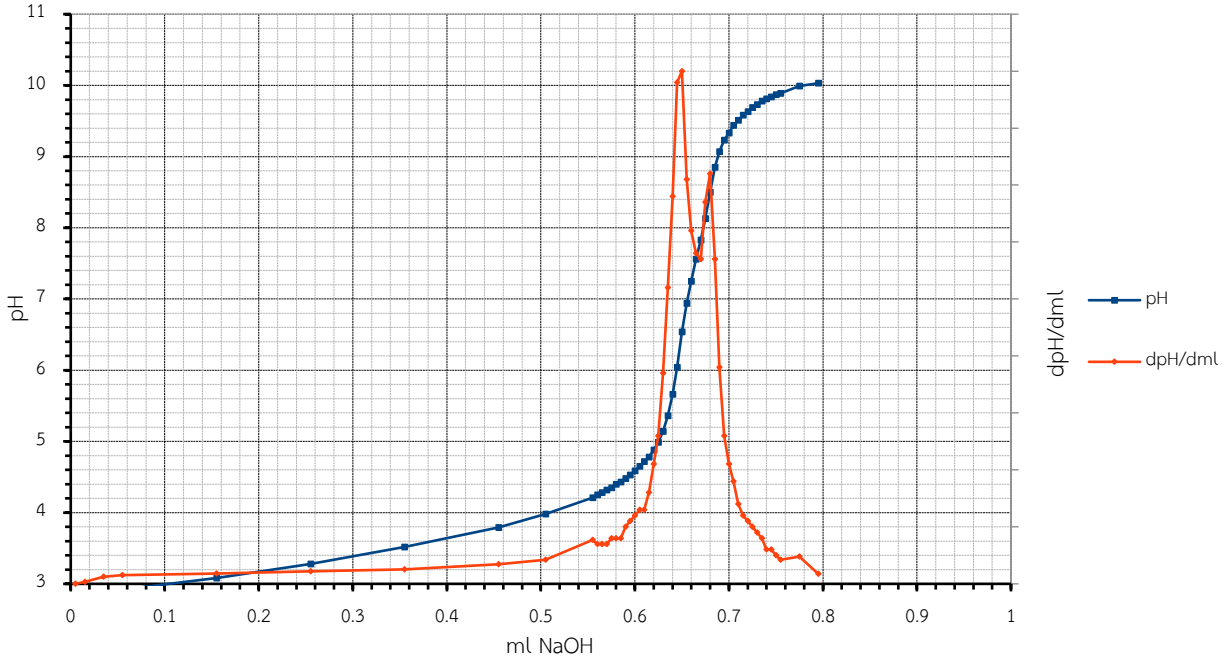
ตาราง ช. 11 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0.00	3.23	
0.10	3.36	1.50
0.20	3.53	2.15
0.30	3.79	2.93
0.32	3.85	3.50
0.34	3.93	4.75
0.36	4.04	6.25
0.38	4.18	9.00
0.39	4.28	11.50
0.40	4.41	15.50
0.41	4.59	42.00
0.42	4.86	46.00
0.42	5.05	44.00
0.43	5.30	26.00
0.43	5.31	28.00
0.44	5.58	37.00
0.44	5.68	33.00
0.45	5.91	40.00
0.45	6.08	31.00
0.46	6.22	19.00
0.46	6.27	19.00
0.47	6.41	21.00
0.47	6.48	22.00
0.48	6.63	16.00
0.48	6.64	12.00
0.49	6.75	15.00
0.49	6.79	11.00
0.50	6.86	16.00
0.50	6.95	19.00
0.51	7.05	15.00
0.51	7.10	12.00
0.52	7.17	19.00
0.52	7.29	19.00
0.53	7.36	19.00
0.53	7.48	26.00
0.54	7.62	26.00
0.54	7.74	28.00
0.55	7.90	31.00
0.55	8.05	29.00
0.56	8.19	27.00
0.56	8.32	26.00
0.57	8.45	21.00
0.57	8.53	16.00
0.58	8.61	14.00
0.58	8.67	12.00
0.59	8.73	14.00
0.59	8.81	16.00
0.60	8.89	11.00
0.60	8.92	8.00
0.61	8.97	9.00
0.62	9.04	6.00
0.63	9.09	4.70
0.64	9.14	4.69
0.67	9.23	3.00
0.70	9.31	3.06
0.73	9.41	3.07
0.76	9.54	3.91
0.86	9.66	1.12
0.96	9.75	1.08
1.06	9.85	0.13
1.16	10.04	1.26

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4741 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 12 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.209 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0010 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.035 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.88
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.101
Total wt% ของ H_2O_2	16.98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

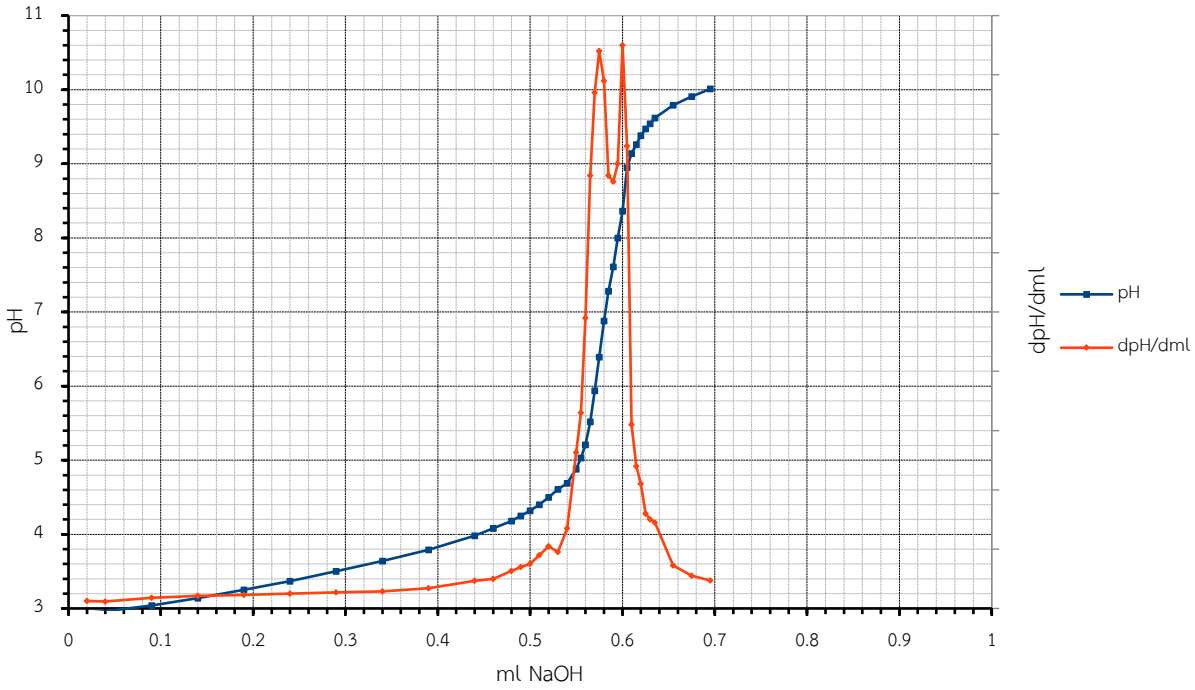
ตาราง ช. 12 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	2.87	
0.005	2.87	0
0.015	2.87	0.33
0.035	2.89	1.25
0.055	2.92	1.52
0.155	3.08	1.80
0.255	3.28	2.20
0.355	3.52	2.55
0.455	3.79	3.43
0.505	3.98	4.20
0.555	4.21	7.69
0.56	4.25	7
0.565	4.28	7
0.57	4.32	7
0.575	4.35	8
0.58	4.4	8
0.585	4.43	8
0.59	4.48	10
0.595	4.53	11
0.6	4.59	12
0.605	4.65	13
0.61	4.72	13
0.615	4.78	16
0.62	4.88	21
0.625	4.99	26
0.63	5.14	37
0.635	5.36	52
0.64	5.66	68

ml	pH	dpH/dml
0.645	6.04	88
0.65	6.54	90
0.655	6.94	71
0.66	7.25	62
0.665	7.56	58
0.67	7.83	57
0.675	8.13	67
0.68	8.5	72
0.685	8.85	57
0.69	9.07	38
0.695	9.23	26
0.7	9.33	21
0.705	9.44	18
0.71	9.51	14
0.715	9.58	12
0.72	9.63	11
0.725	9.69	10
0.73	9.73	9
0.735	9.78	8
0.74	9.81	6
0.745	9.84	6
0.75	9.87	5
0.755	9.89	4.2
0.775	9.99	4.79
0.795	10.03	1.73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4858 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 13 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1277 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	8.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0006 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0217 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.96
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.085
Total wt% ของ H_2O_2	17.05

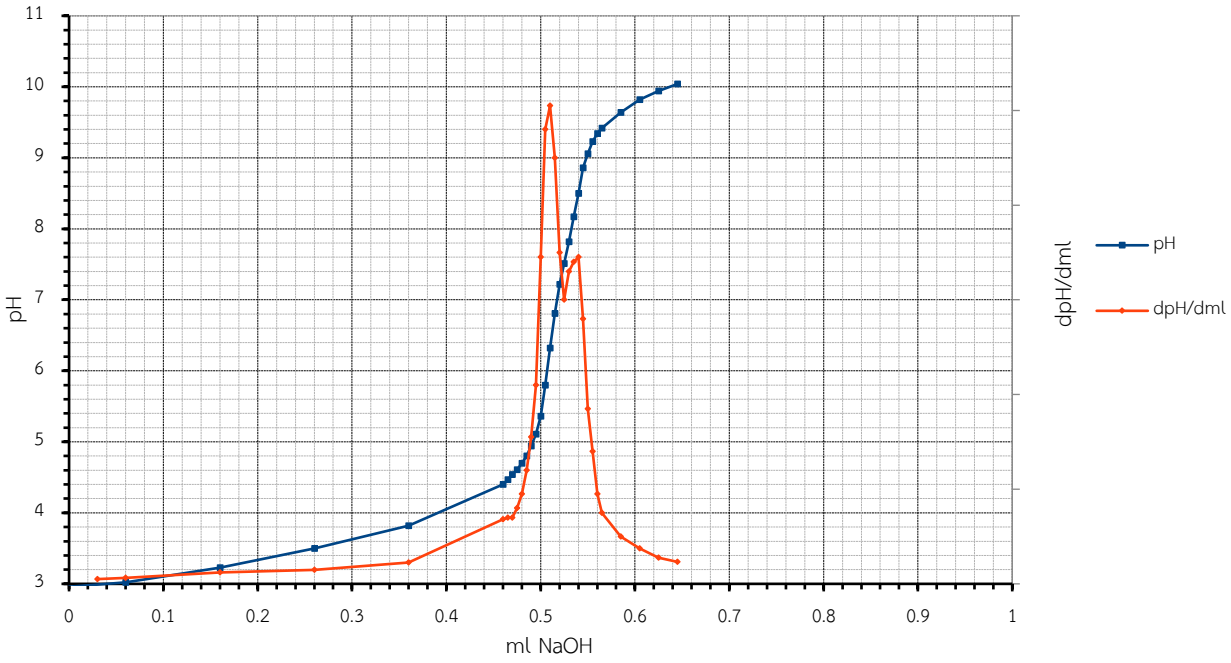
ตาราง ช. 13 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	2.91	
0.02	2.94	1.25
0.04	2.96	1.17
0.09	3.04	1.80
0.14	3.14	2.10
0.19	3.25	2.30
0.24	3.37	2.50
0.29	3.5	2.70
0.34	3.64	2.90
0.39	3.79	3.40
0.44	3.98	4.66
0.46	4.08	5.00
0.48	4.18	6.33
0.49	4.25	7.00
0.5	4.32	7.50
0.51	4.4	9.00
0.52	4.5	10.50
0.53	4.61	9.50
0.54	4.69	13.50
0.55	4.88	26.33
0.555	5.03	33.00
0.56	5.21	49.00
0.565	5.52	73.00
0.57	5.94	87.00
0.575	6.39	94.00
0.58	6.88	89.00
0.585	7.28	73.00
0.59	7.61	72.00

ml	pH	dpH/dml
0.595	8	75.00
0.6	8.36	95.00
0.605	8.95	78.00
0.61	9.14	31.00
0.615	9.26	24.00
0.62	9.38	21.00
0.625	9.47	16.00
0.63	9.54	15.00
0.635	9.62	14.50
0.655	9.79	7.25
0.675	9.91	5.50
0.695	10.01	4.72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5219 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 14 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1059 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00049 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0169 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.94
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.079
Total wt% ของ H_2O_2	16.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

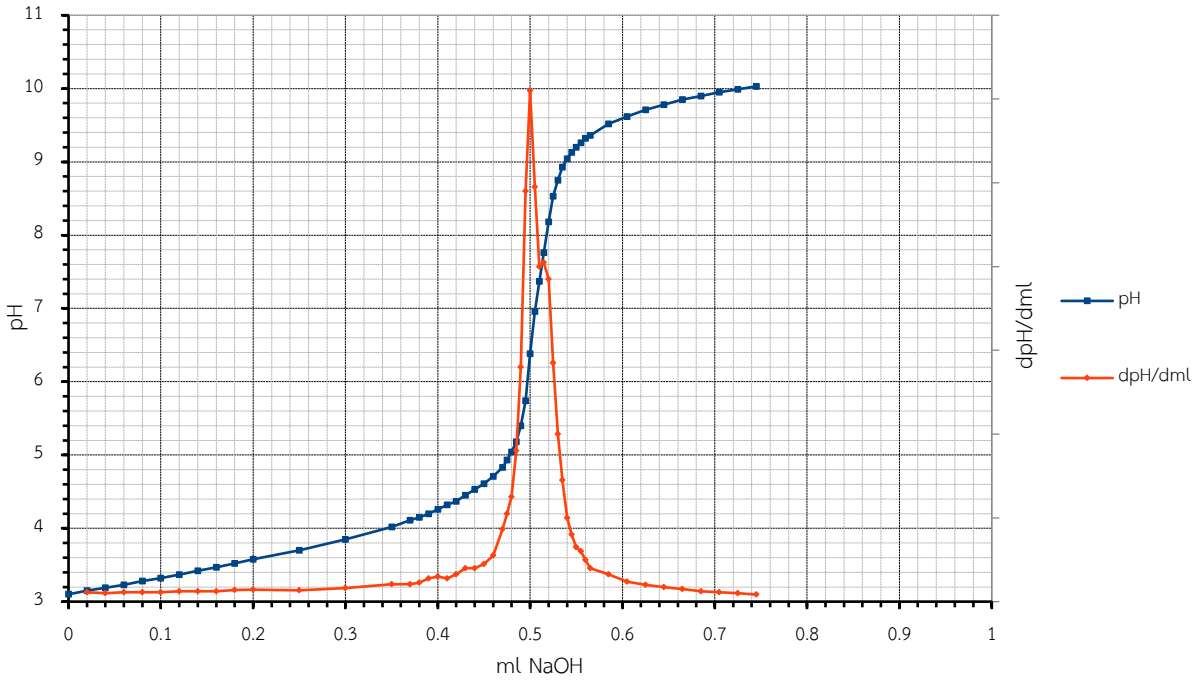
ตาราง ช. 14 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	2.96	
0.03	2.99	1
0.06	3.02	1.25
0.16	3.23	2.4
0.26	3.5	2.95
0.36	3.82	4.5
0.46	4.4	13.61
0.465	4.47	14
0.47	4.54	14
0.475	4.61	16
0.48	4.7	19
0.485	4.8	24
0.49	4.94	31
0.495	5.11	42
0.5	5.36	69
0.505	5.8	96
0.51	6.32	101
0.515	6.81	90
0.52	7.22	70
0.525	7.51	60
0.53	7.82	66
0.535	8.17	68
0.54	8.5	69
0.545	8.86	56
0.55	9.06	37
0.555	9.23	28
0.56	9.34	19
0.565	9.42	15

ml	pH	dpH/dml
0.585	9.64	10
0.605	9.82	7.5
0.625	9.94	5.5
0.645	10.04	4.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5183 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 15 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 5

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 5

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1964 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00049 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0031 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.04
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.045
Total wt% ของ H_2O_2	16.08

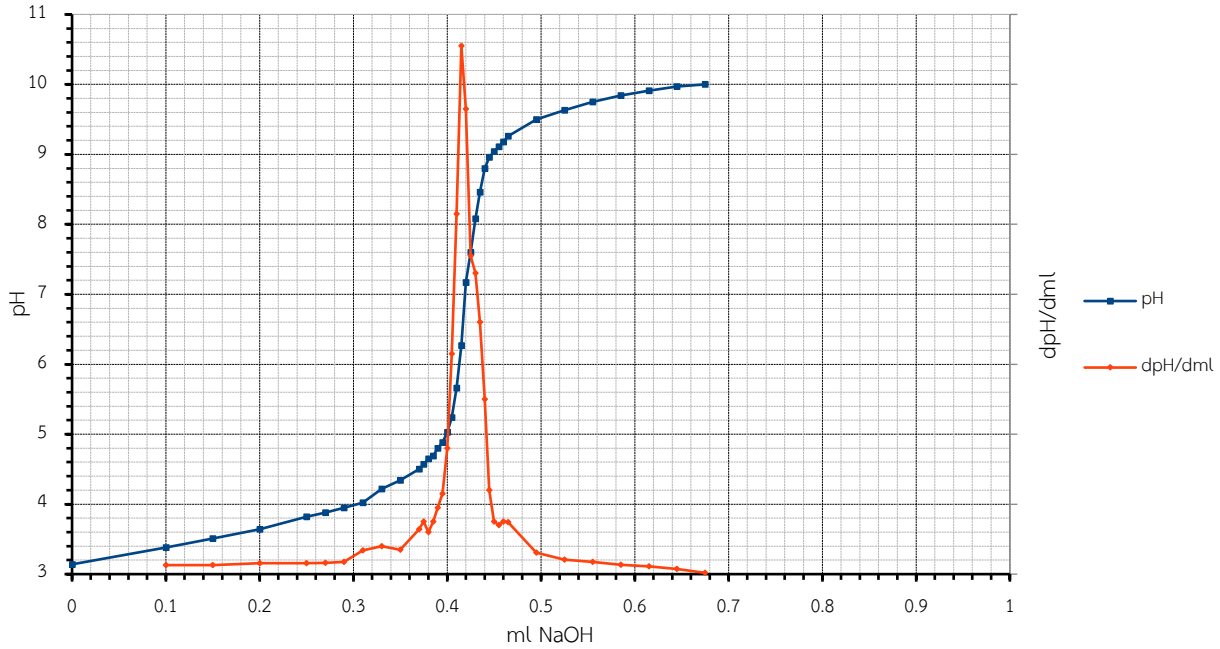
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 15 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 5

ml	pH	dpH/dml
0	3.1	
0.02	3.15	2.25
0.04	3.19	2
0.06	3.23	2.25
0.08	3.28	2.25
0.1	3.32	2.25
0.12	3.37	2.5
0.14	3.42	2.5
0.16	3.47	2.5
0.18	3.52	2.75
0.2	3.58	2.83
0.25	3.7	2.7
0.3	3.85	3.2
0.35	4.02	4.19
0.37	4.11	4.17
0.38	4.15	4.5
0.39	4.2	5.5
0.4	4.26	6
0.41	4.32	5.5
0.42	4.37	6.5
0.43	4.45	8
0.44	4.53	8
0.45	4.61	9
0.46	4.71	11
0.47	4.83	17.33
0.475	4.93	21
0.48	5.04	25
0.485	5.18	36
0.49	5.4	56
0.495	5.74	98
0.5	6.38	122
0.505	6.96	99
0.51	7.37	80
0.515	7.76	81
0.52	8.18	77
0.525	8.53	57
0.53	8.75	40
0.535	8.93	29
0.54	9.04	20
0.545	9.13	16
0.55	9.2	13
0.555	9.26	12
0.56	9.32	10
0.565	9.36	8
0.585	9.52	6.5
0.605	9.62	4.75
0.625	9.71	4
0.645	9.78	3.5
0.665	9.85	3
0.685	9.9	2.5
0.705	9.95	2.25
0.725	9.99	2
0.745	10.03	1.68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5116 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 16 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 6

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 6

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2057 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0032 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.80
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.061
Total wt% ของ H_2O_2	15.86

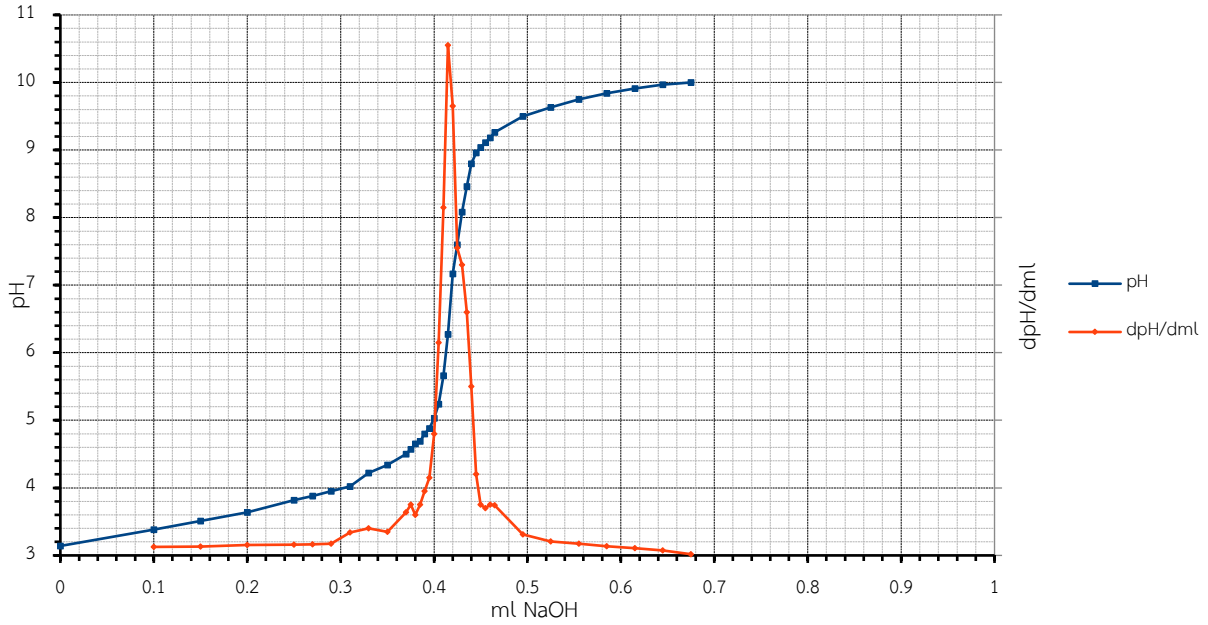
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 16 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0	3.14	
0.1	3.38	2.53
0.15	3.51	2.6
0.2	3.64	3.1
0.25	3.82	3.17
0.27	3.88	3.25
0.29	3.95	3.5
0.31	4.02	6.75
0.33	4.22	8
0.35	4.34	7
0.37	4.5	12.8
0.375	4.57	15
0.38	4.65	12
0.385	4.69	15
0.39	4.8	19
0.395	4.88	23
0.4	5.03	36
0.405	5.24	63
0.41	5.66	103
0.415	6.27	151
0.42	7.17	133
0.425	7.6	91
0.43	8.08	86
0.435	8.46	72
0.44	8.8	50
0.445	8.96	24
0.45	9.04	15
0.455	9.11	14
0.46	9.18	15
0.465	9.26	14.86
0.495	9.5	6.17
0.525	9.63	4.17
0.555	9.75	3.5
0.585	9.84	2.67
0.615	9.91	2.17
0.645	9.97	1.5
0.675	10	0.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.502 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 17 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 7

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 7

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.212 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	13.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0033 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.56
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.062
Total wt% ของ H_2O_2	15.63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 17 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

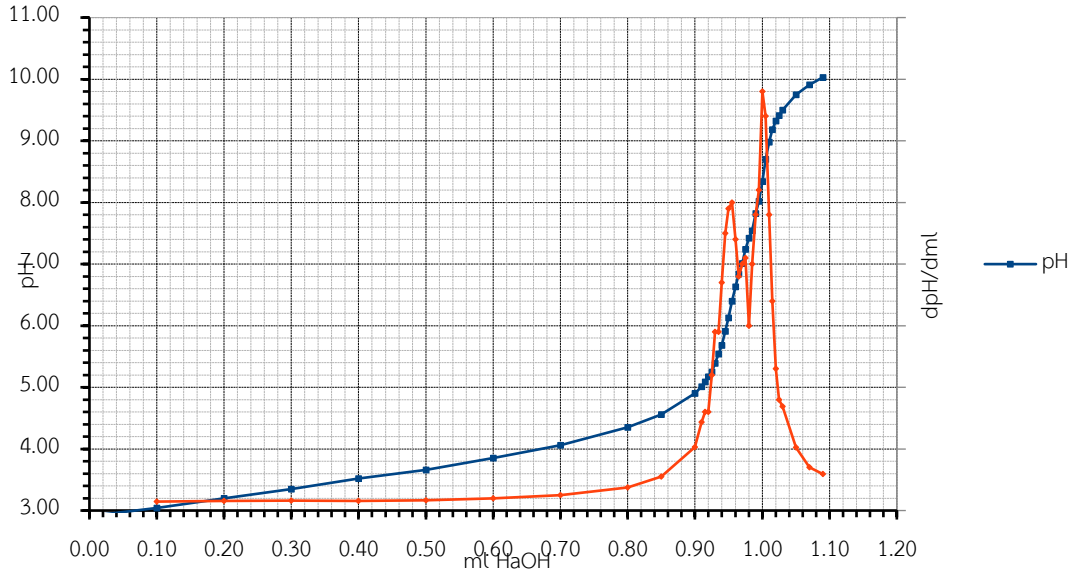
ml	pH	dpH/dml
0	3.14	
0.1	3.38	2.53
0.15	3.51	2.6
0.2	3.64	3.1
0.25	3.82	3.17
0.27	3.88	3.25
0.29	3.95	3.5
0.31	4.02	6.75
0.33	4.22	8
0.35	4.34	7
0.37	4.5	12.8
0.375	4.57	15
0.38	4.65	12
0.385	4.69	15
0.39	4.8	19
0.395	4.88	23
0.4	5.03	36
0.405	5.24	63
0.41	5.66	103
0.415	6.27	151
0.42	7.17	133
0.425	7.6	91
0.43	8.08	86
0.435	8.46	72
0.44	8.8	50
0.445	8.96	24
0.45	9.04	15

ml	pH	dpH/dml
0.455	9.11	14
0.46	9.18	15
0.465	9.26	14.86
0.495	9.5	6.17
0.525	9.63	4.17
0.555	9.75	3.5
0.585	9.84	2.67
0.615	9.91	2.17
0.645	9.97	1.5
0.675	10	0.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1093 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 18 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2161 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	26.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0265 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0017 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0604 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	27.95
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.65
Total wt% ของ H_2O_2	28.60

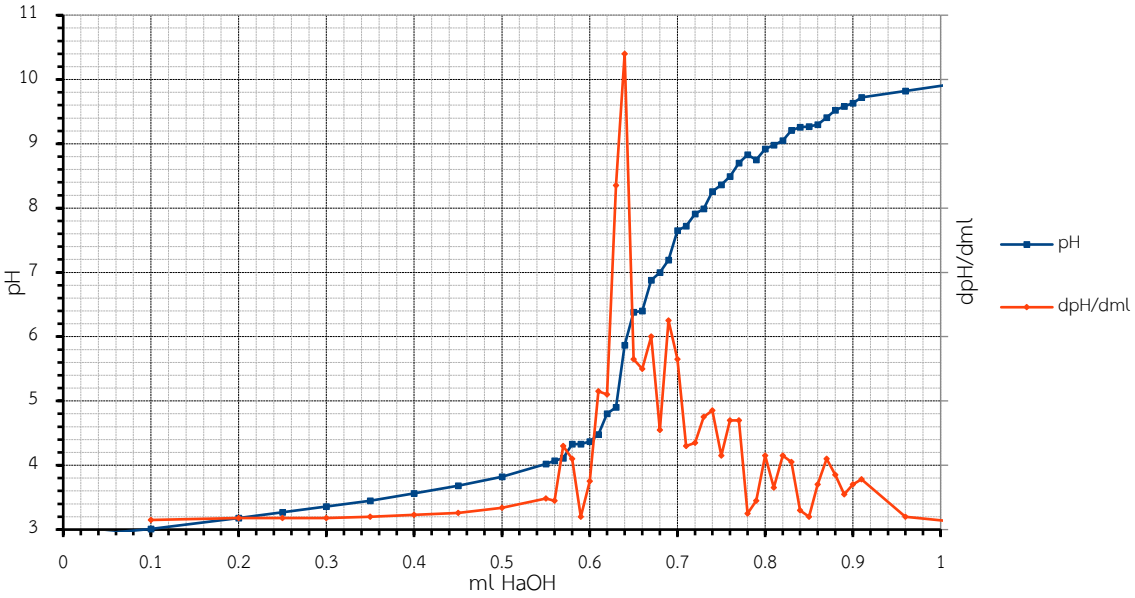
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 18 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0.00	2.91	
0.10	3.04	1.45
0.20	3.20	1.55
0.30	3.35	1.60
0.40	3.52	1.55
0.50	3.66	1.65
0.60	3.85	2.00
0.70	4.06	2.50
0.80	4.35	3.77
0.85	4.56	5.50
0.90	4.90	10.30
0.91	5.01	14.33
0.92	5.09	16.00
0.92	5.17	16.00
0.93	5.25	22.00
0.93	5.39	29.00
0.94	5.54	29.00
1.02	9.18	34.00
1.02	9.32	23.00
1.03	9.41	18.00
1.03	9.50	16.90
1.05	9.75	10.25
1.07	9.91	7.00
1.09	10.03	5.94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0999 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 19 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2077 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.049 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.69
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.66
Total wt% ของ H_2O_2	25.35

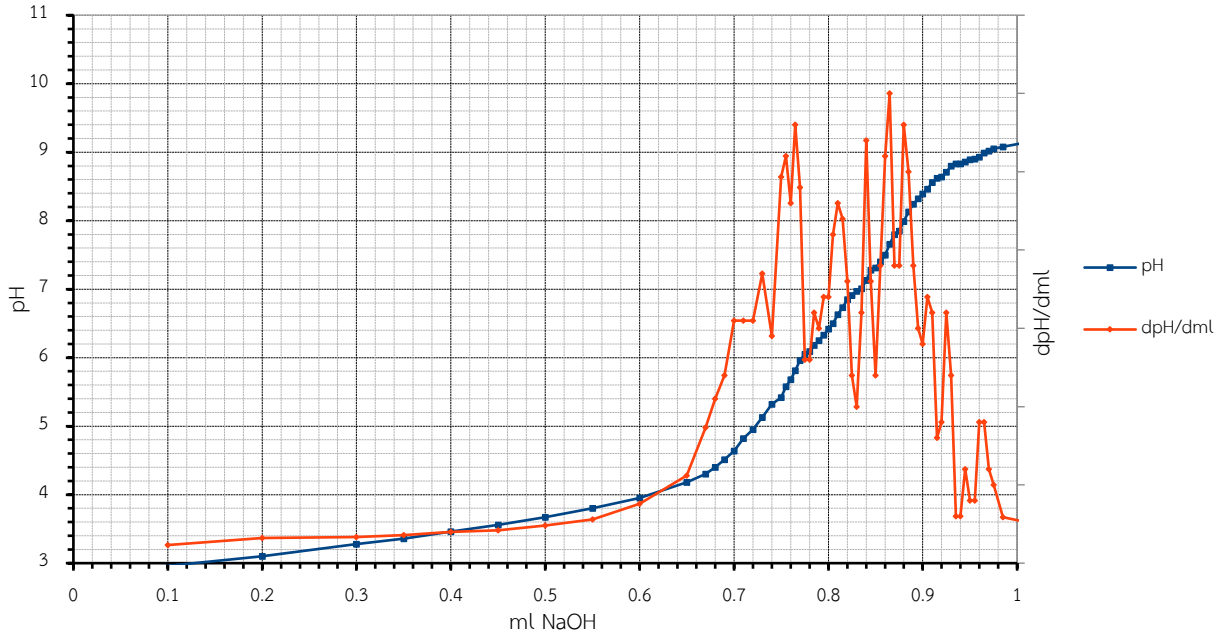
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 19 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	2.88	
0.1	3.01	1.5
0.2	3.18	1.77
0.25	3.27	1.8
0.3	3.36	1.8
0.35	3.45	2
0.4	3.56	2.3
0.45	3.68	2.6
0.5	3.82	3.4
0.55	4.02	4.83
0.56	4.07	4.5
0.57	4.11	13
0.58	4.33	11
0.59	4.33	2
0.6	4.37	7.5
0.61	4.48	21.5
0.62	4.8	21
0.63	4.9	53.5
0.64	5.87	74
0.65	6.38	26.5
0.66	6.4	25
0.67	6.88	30
0.68	7	15.5
0.69	7.19	32.5
0.7	7.65	26.5
0.71	7.72	13
0.72	7.91	13.5
0.73	7.99	17.5
0.74	8.26	18.5
0.75	8.36	11.5
0.76	8.49	17
0.77	8.7	17
0.78	8.83	2.5
0.79	8.75	4.5
0.8	8.92	11.5
0.81	8.98	6.5
0.82	9.05	11.5
0.83	9.21	10.5
0.84	9.26	3
0.85	9.27	2
0.86	9.3	7
0.87	9.41	11
0.88	9.52	8.5
0.89	9.58	-5
0.9	9.42	2.5
0.91	9.63	15
0.92	9.72	7.83
0.97	9.82	2
1.02	9.92	1.3
1.07	9.95	1.5
1.12	10.07	2.09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1129 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 20 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1125 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0008 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.029 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	26.21
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.77
Total wt% ของ H_2O_2	27.97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

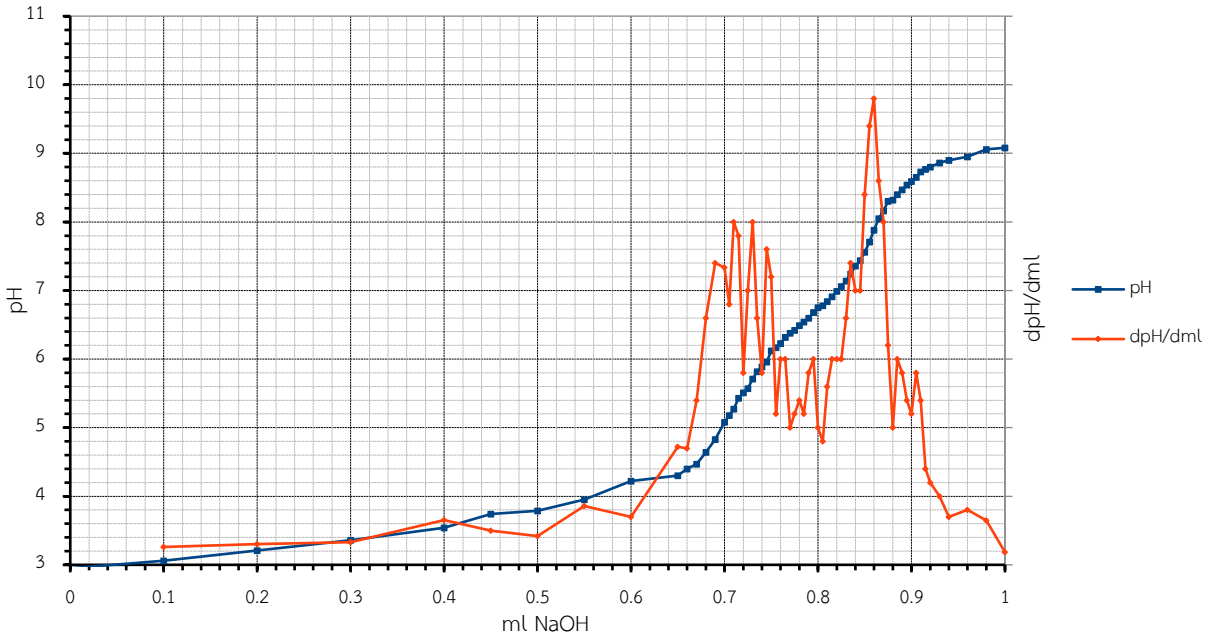
ตาราง ช. 20 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	2.87	
0.1	2.96	1.15
0.2	3.1	1.6
0.3	3.28	1.67
0.35	3.36	1.8
0.4	3.46	2
0.45	3.56	2.1
0.5	3.67	2.4
0.55	3.8	2.8
0.6	3.95	3.8
0.65	4.18	5.6
0.67	4.3	8.67
0.68	4.4	10.5
0.69	4.51	12
0.7	4.64	15.5
0.71	4.82	15.5
0.72	4.95	15.5
0.73	5.13	18.5
0.74	5.32	14.5
0.75	5.42	24.67
0.755	5.58	26
0.76	5.68	23
0.765	5.81	28
0.77	5.96	24
0.775	6.05	13
0.78	6.09	13
0.785	6.18	16
0.79	6.25	15
0.795	6.33	17
0.8	6.42	17
0.805	6.5	21
0.81	6.63	23
0.815	6.73	22
0.82	6.85	18
0.825	6.91	12
0.83	6.97	10
0.835	7.01	16
0.84	7.13	27
0.845	7.28	18
0.85	7.31	12
0.855	7.4	19
0.86	7.5	26
0.865	7.66	30
0.87	7.8	19
0.875	7.85	19
0.88	7.99	28
0.885	8.13	25
0.89	8.24	19
0.895	8.32	15
0.9	8.39	14
0.905	8.46	17
0.91	8.56	16
0.915	8.62	8
0.92	8.64	9
0.925	8.71	16
0.93	8.8	12
0.935	8.83	3
0.94	8.83	3
0.945	8.86	6
0.95	8.89	4
0.955	8.9	4
0.96	8.93	9
0.965	8.99	9
0.97	9.02	6
0.975	9.05	5
0.985	9.08	2.93
1.035	9.21	2.3
1.085	9.31	1.9
1.135	9.4	1.4
1.185	9.45	1.2
1.235	9.52	2
1.285	9.65	2.2
1.335	9.74	1.4
1.435	9.8	0.85
1.535	9.91	1.2
1.635	10.04	0.98

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1095 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 21 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.207 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	24.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.048 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.49
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.97
Total wt% ของ H_2O_2	25.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

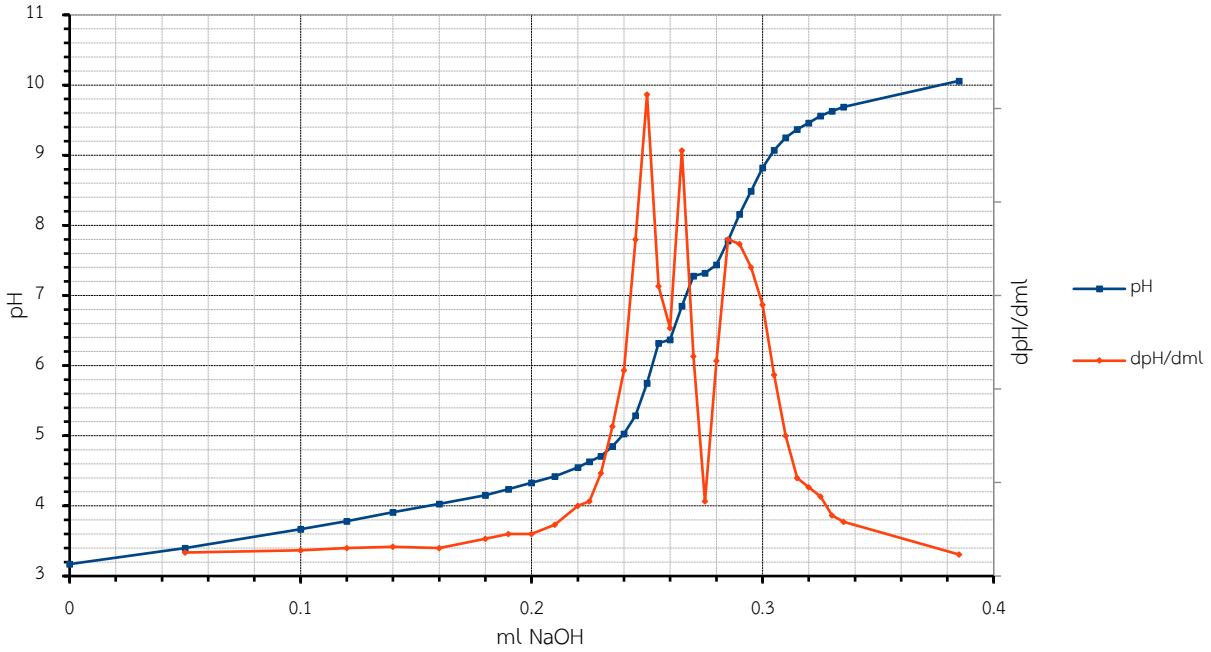
ตาราง ช. 21 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	2.95	
0.1	3.06	1.3
0.2	3.21	1.5
0.3	3.36	1.65
0.4	3.54	3.27
0.45	3.74	2.5
0.5	3.79	2.1
0.55	3.95	4.3
0.6	4.22	3.5
0.65	4.3	8.6
0.66	4.4	8.5
0.67	4.47	12
0.68	4.64	18
0.69	4.83	22
0.7	5.08	21.67
0.705	5.18	19
0.71	5.27	25
0.715	5.43	24
0.72	5.51	14
0.725	5.57	20
0.73	5.71	25
0.735	5.82	18
0.74	5.89	14
0.745	5.96	23
0.75	6.12	21
0.755	6.17	11
0.76	6.23	15
0.765	6.32	15
0.77	6.38	10
0.775	6.42	11
0.78	6.49	12
0.785	6.54	11
0.79	6.6	14
0.795	6.68	15
0.8	6.75	10
0.805	6.78	9
0.81	6.84	13
0.815	6.91	15
0.82	6.99	15
0.825	7.06	15
0.83	7.14	18
0.835	7.24	22
0.84	7.36	20
0.845	7.44	20
0.85	7.56	27
0.855	7.71	32
0.86	7.88	34
0.865	8.05	28
0.87	8.16	25
0.875	8.3	16
0.88	8.32	10
0.885	8.4	15
0.89	8.47	14
0.895	8.54	12
0.9	8.59	11
0.905	8.65	14
0.91	8.73	12
0.915	8.77	7
0.92	8.8	6
0.93	8.86	5
0.94	8.9	3.5
0.96	8.95	4
0.98	9.06	3.25
1	9.08	0.93
1.1	9.14	1.4
1.2	9.36	1.85
1.3	9.51	1.7
1.4	9.7	1.7
1.5	9.85	1.2
1.6	9.94	0.95
1.7	10.04	0.69

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1067 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 22 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2023 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0008 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.030 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	14.96
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.623
Total wt% ของ H_2O_2	15.58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

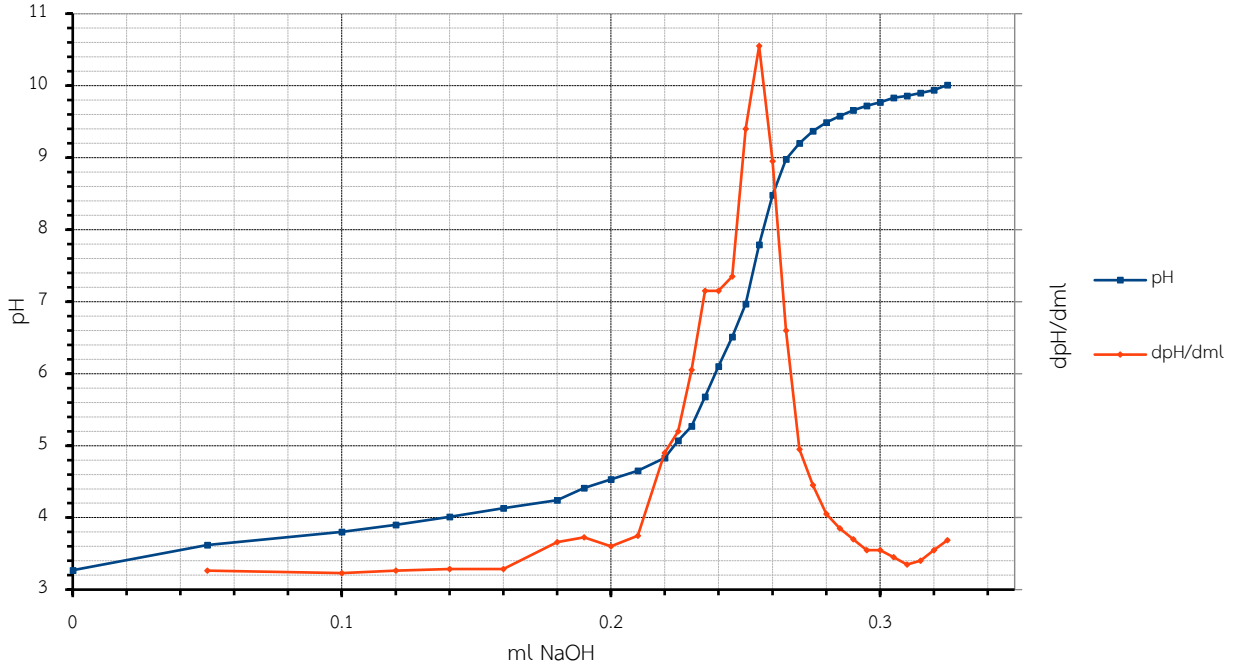
ตาราง ช. 22 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	3.17	
0.05	3.4	5
0.1	3.67	5.47
0.12	3.78	6
0.14	3.91	6.25
0.16	4.03	6
0.18	4.15	8
0.19	4.24	9
0.2	4.33	9
0.21	4.42	11
0.22	4.55	15
0.225	4.63	16
0.23	4.71	22
0.235	4.85	32
0.24	5.03	44
0.245	5.29	72
0.25	5.75	103
0.255	6.32	62
0.26	6.37	53
0.265	6.85	91
0.27	7.28	47
0.275	7.32	16
0.28	7.44	46
0.285	7.78	72
0.29	8.16	71
0.295	8.49	66
0.3	8.82	58

ml	pH	dpH/dml
0.305	9.07	43
0.31	9.25	30
0.315	9.37	21
0.32	9.46	19
0.325	9.56	17
0.33	9.63	13
0.335	9.69	11.58
0.385	10.06	4.60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1043 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 23 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2002 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0301 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0007 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.024 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	12.38
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.24
Total wt% ของ H_2O_2	12.63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

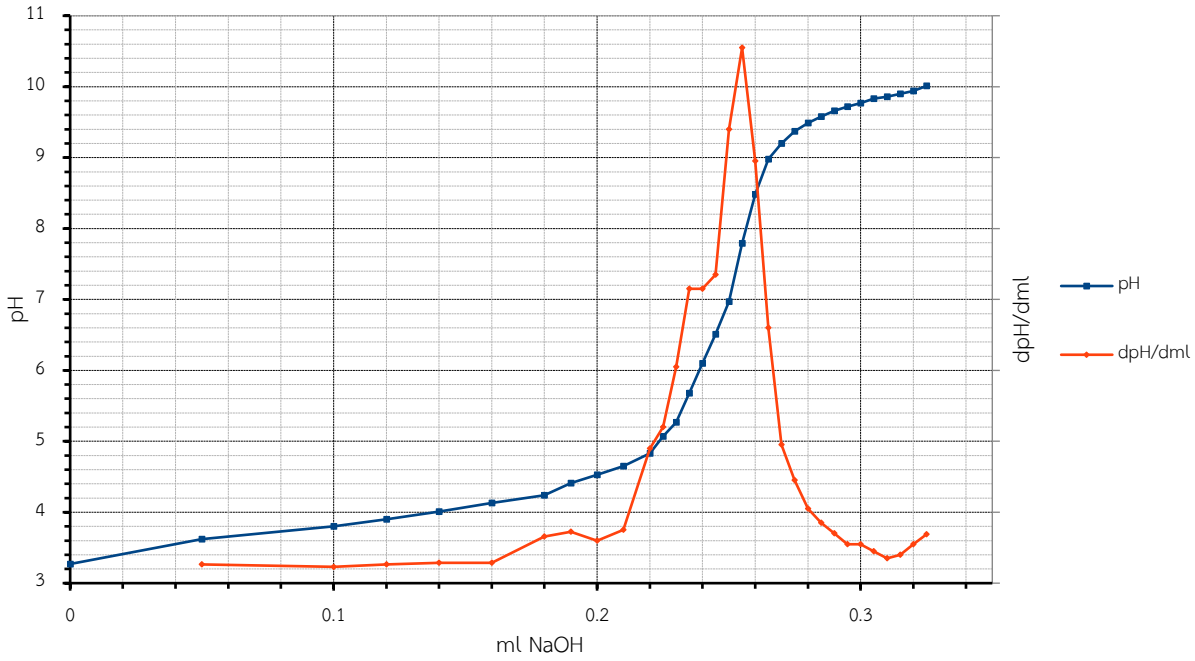
ตาราง ช. 23 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	3.27	
0.05	3.62	5.3
0.1	3.8	4.6
0.12	3.9	5.25
0.14	4.01	5.75
0.16	4.13	5.75
0.18	4.24	13.17
0.19	4.41	14.5
0.2	4.53	12
0.21	4.65	15
0.22	4.83	38
0.225	5.07	44
0.23	5.27	61
0.235	5.68	83
0.24	6.1	83
0.245	6.51	87
0.25	6.97	128
0.255	7.79	151
0.26	8.48	119
0.265	8.98	72
0.27	9.2	39
0.275	9.37	29
0.28	9.49	21
0.285	9.58	17
0.29	9.66	14
0.295	9.72	11
0.3	9.77	11
0.305	9.83	9

ml	pH	dpH/dml
0.31	9.86	7
0.315	9.9	8
0.32	9.94	11
0.325	10.01	13.74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0986 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ตาราง ช. 24 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

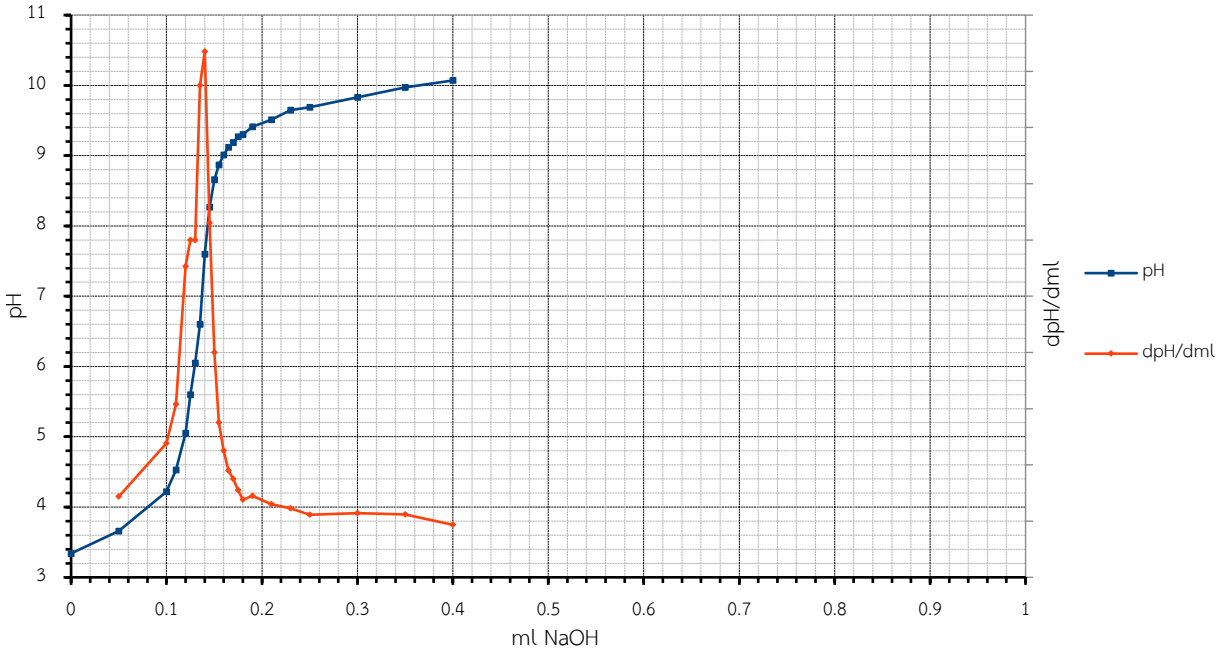
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2002 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009568 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.032 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.26
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.168
Total wt% ของ H_2O_2	16.42

ตาราง ช. 25 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	3.59	
0.01	3.63	4
0.02	3.67	5.5
0.03	3.74	6.5
0.04	3.8	5.5
0.05	3.85	5.5
0.06	3.91	6.5
0.07	3.98	9
0.08	4.09	12
0.09	4.22	13.67
0.095	4.29	17
0.1	4.39	21
0.105	4.5	25
0.11	4.64	34
0.115	4.84	39
0.12	5.03	65
0.125	5.49	100
0.13	6.03	146
0.135	6.95	143
0.14	7.46	116
0.145	8.11	118
0.15	8.64	85
0.155	8.96	52
0.16	9.16	30
0.165	9.26	21
0.17	9.37	21
0.175	9.47	18
0.18	9.55	15.33
0.19	9.69	10.5
0.2	9.76	8.5
0.21	9.86	9.2
0.26	10.12	-2.83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.195 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 24 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 8

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 8

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.235 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	11.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00087 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.029 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	12.54
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.21
Total wt% ของ H_2O_2	12.75

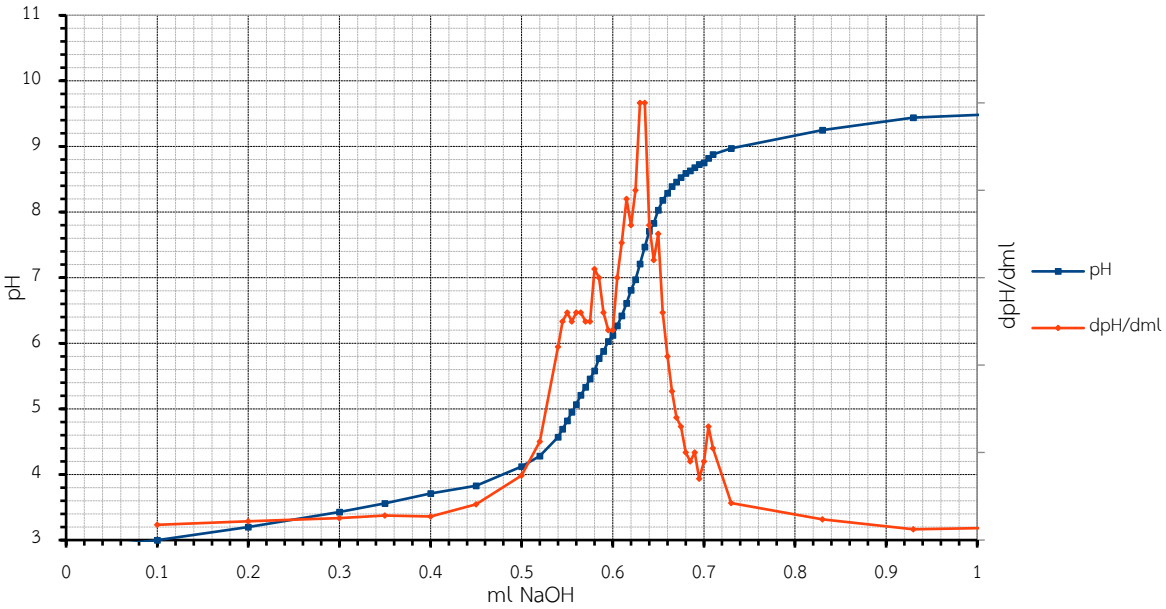
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 26 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 8

ml	pH	dpH/dml
0	3.34	
0.05	3.66	8.8
0.1	4.22	27.7
0.11	4.53	41.5
0.12	5.05	90.67
0.125	5.6	100
0.13	6.05	100
0.135	6.6	155
0.14	7.6	167
0.145	8.27	106
0.15	8.66	60
0.155	8.87	35
0.16	9.01	25
0.165	9.12	18
0.17	9.19	15
0.175	9.27	11
0.18	9.3	7.67
0.19	9.41	9
0.21	9.51	6
0.23	9.65	4.5
0.25	9.69	2.23
0.3	9.83	2.8
0.35	9.97	2.4
0.4	10.07	-1.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1055 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 25 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2272 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.030 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.000204 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.069 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.57
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.78
Total wt% ของ H_2O_2	31.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 27 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 10

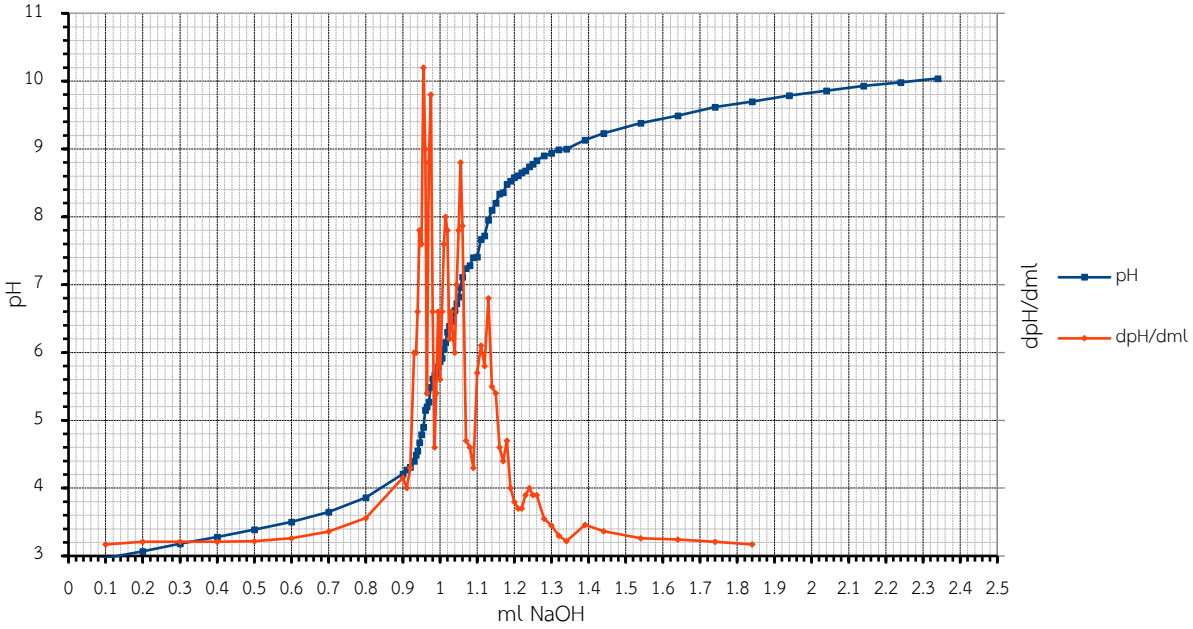
ml	pH	dpH/dml
0	2.85	
0.1	3	1.75
0.2	3.2	2.15
0.3	3.43	2.5
0.35	3.56	2.8
0.4	3.71	2.7
0.45	3.83	4.1
0.5	4.12	7.37
0.52	4.28	11.25
0.54	4.57	22.1
0.545	4.69	25
0.55	4.82	26
0.555	4.95	25
0.56	5.07	26
0.565	5.21	26
0.57	5.33	25
0.575	5.46	25
0.58	5.58	31
0.585	5.77	30
0.59	5.88	26
0.595	6.03	24
0.6	6.12	24
0.605	6.27	30
0.61	6.42	34
0.615	6.61	39
0.62	6.81	36
0.625	6.97	40
0.63	7.21	50

ml	pH	dpH/dml
0.635	7.47	50
0.64	7.71	36
0.645	7.83	32
0.65	8.03	35
0.655	8.18	26
0.66	8.29	21
0.665	8.39	17
0.67	8.46	14
0.675	8.53	13
0.68	8.59	10
0.685	8.63	9
0.69	8.68	10
0.695	8.73	7
0.7	8.75	9
0.705	8.82	13
0.71	8.88	10.5
0.73	8.97	4.22
0.83	9.25	2.35
0.93	9.44	1.25
1.03	9.5	1.4
1.13	9.72	1.65
1.23	9.83	1.05
1.33	9.93	0.9
1.43	10.01	0.33

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1663 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 26 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2272 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.030 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.000204 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.069 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.57
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.55
Total wt% ของ H_2O_2	32.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 28 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 60

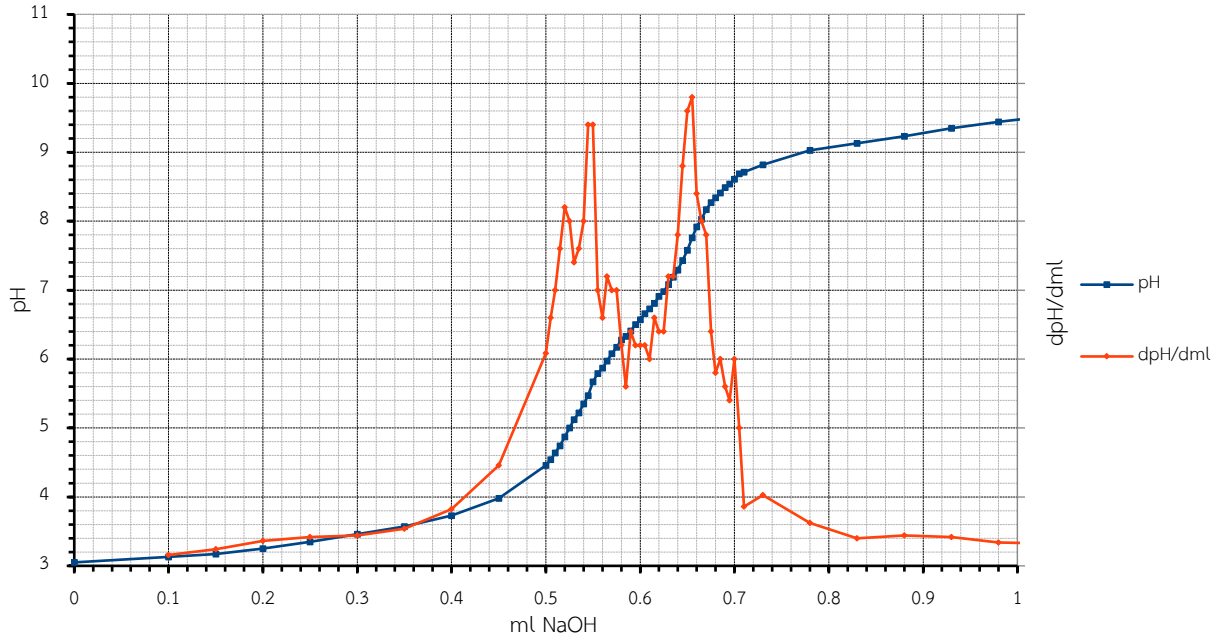
ml	pH	dpH/dml
0	2.9	
0.1	2.97	0.85
0.2	3.07	1.05
0.3	3.18	1.05
0.4	3.28	1.05
0.5	3.39	1.1
0.6	3.5	1.3
0.7	3.65	1.8
0.8	3.86	2.8
0.9	4.21	5.77
0.91	4.27	5
0.92	4.31	6.5
0.93	4.4	15
0.935	4.49	15
0.94	4.55	18
0.945	4.67	24
0.95	4.79	23
0.955	4.9	36
0.96	5.15	30
0.965	5.2	12
0.97	5.27	29
0.975	5.49	34
0.98	5.61	18
0.985	5.67	8
0.99	5.69	12
0.995	5.79	18
1	5.87	13
1.005	5.92	18

ml	pH	dpH/dml
1.01	6.05	23
1.015	6.15	25
1.02	6.3	24
1.025	6.39	16
1.03	6.46	18
1.035	6.57	16
1.04	6.62	15
1.045	6.72	20
1.05	6.82	24
1.055	6.96	29
1.06	7.11	24.33
1.07	7.24	8.5
1.08	7.28	8
1.09	7.4	6.5
1.1	7.41	13.5
1.11	7.67	15.5
1.12	7.72	14
1.13	7.95	19
1.14	8.1	12.5
1.15	8.2	12
1.16	8.34	8
1.17	8.36	7
1.18	8.48	8.5
1.19	8.53	5
1.2	8.58	4
1.21	8.61	3.5
1.22	8.65	3.5
1.23	8.68	4.5

ml	pH	dpH/dml
1.24	8.74	5
1.25	8.78	4.5
1.26	8.83	4.5
1.28	8.9	2.75
1.3	8.94	2.25
1.32	8.99	1.5
1.34	9	1.1
1.39	9.13	2.3
1.44	9.23	1.83
1.54	9.38	1.3
1.64	9.49	1.2
1.74	9.62	1.05
1.84	9.7	0.85
1.94	9.79	0.8
2.04	9.86	0.7
2.14	9.93	0.6
2.24	9.98	0.55
2.34	10.04	0.44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0895 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 27 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2272 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.030 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.000204 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.069 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.57
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.04
Total wt% ของ H_2O_2	32.61

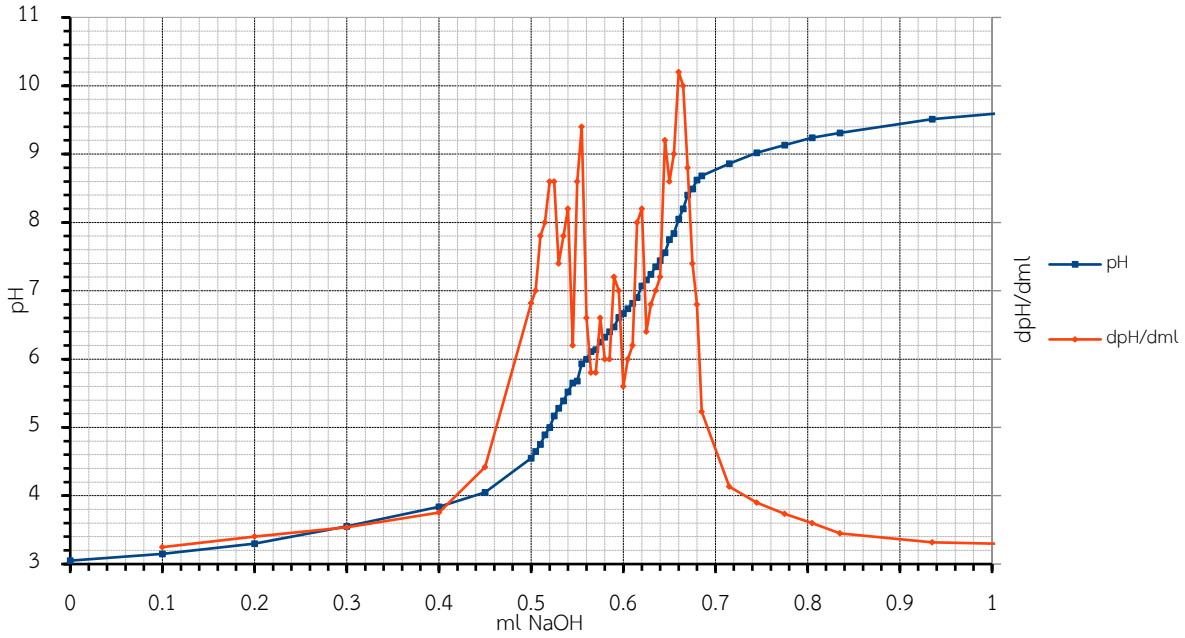
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 29 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	3.05	
0.1	3.13	0.8
0.15	3.17	1.2
0.2	3.25	1.8
0.25	3.35	2.1
0.3	3.46	2.2
0.35	3.57	2.7
0.4	3.73	4.1
0.45	3.98	7.3
0.5	4.46	15.42
0.505	4.54	18
0.51	4.64	20
0.515	4.74	23
0.52	4.87	26
0.525	5	25
0.53	5.12	22
0.535	5.22	23
0.54	5.35	25
0.545	5.47	32
0.55	5.67	32
0.555	5.79	20
0.56	5.87	18
0.565	5.97	21
0.57	6.08	20
0.575	6.17	20
0.58	6.28	16
0.585	6.33	13
0.59	6.41	17
0.595	6.5	16
0.6	6.57	16
0.605	6.66	16
0.61	6.73	15
0.615	6.81	18
0.62	6.91	17
0.625	6.98	17
0.63	7.08	21
0.635	7.19	21
0.64	7.29	24
0.645	7.43	29
0.65	7.58	33
0.655	7.76	34
0.66	7.92	27
0.665	8.03	25
0.67	8.17	24
0.675	8.27	17
0.68	8.34	14
0.685	8.41	15
0.69	8.49	13
0.695	8.54	12
0.7	8.61	15
0.705	8.69	10
0.71	8.71	4.3
0.73	8.82	5.13
0.78	9.03	3.1
0.83	9.13	2
0.88	9.23	2.2
0.93	9.35	2.1
0.98	9.44	1.7
1.03	9.52	1.63
1.13	9.69	1.45
1.23	9.81	1.25
1.33	9.94	1
1.43	10.01	0.23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0949 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 28 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2272 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.030 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.000204 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.069 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.57
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.83
Total wt% ของ H_2O_2	32.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

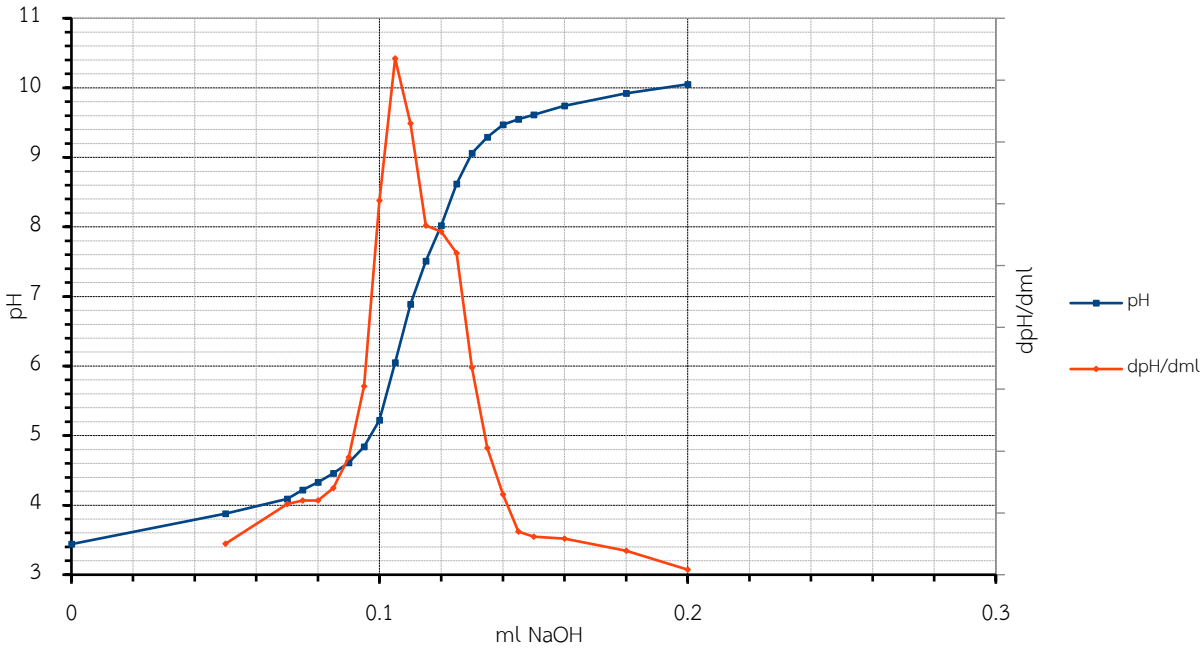
ตาราง ช. 30 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	3.05	
0.1	3.15	1.25
0.2	3.3	2
0.3	3.55	2.7
0.4	3.84	3.77
0.45	4.05	7.1
0.5	4.55	19.09
0.505	4.65	20
0.51	4.75	24
0.515	4.89	25
0.52	5	28
0.525	5.17	28
0.53	5.28	22
0.535	5.39	24
0.54	5.52	26
0.545	5.65	16
0.55	5.68	28
0.555	5.93	32
0.56	6	18
0.565	6.11	14
0.57	6.14	14
0.575	6.25	18
0.58	6.32	15
0.585	6.4	15
0.59	6.47	21
0.595	6.61	20
0.6	6.67	13

ml	pH	dpH/dml
0.605	6.74	15
0.61	6.82	16
0.615	6.9	25
0.62	7.07	26
0.625	7.16	17
0.63	7.24	19
0.635	7.35	20
0.64	7.44	21
0.645	7.56	31
0.65	7.75	28
0.655	7.84	30
0.66	8.05	36
0.665	8.2	35
0.67	8.4	29
0.675	8.49	22
0.68	8.62	19
0.685	8.68	11.14
0.715	8.86	5.67
0.745	9.02	4.5
0.775	9.13	3.67
0.805	9.24	3
0.835	9.31	2.26
0.935	9.51	1.6
1.035	9.63	1.45
1.135	9.8	1.5
1.235	9.93	1
1.335	10	0.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0994 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 29 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1984 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.032 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.43
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.25
Total wt% ของ H_2O_2	16.88

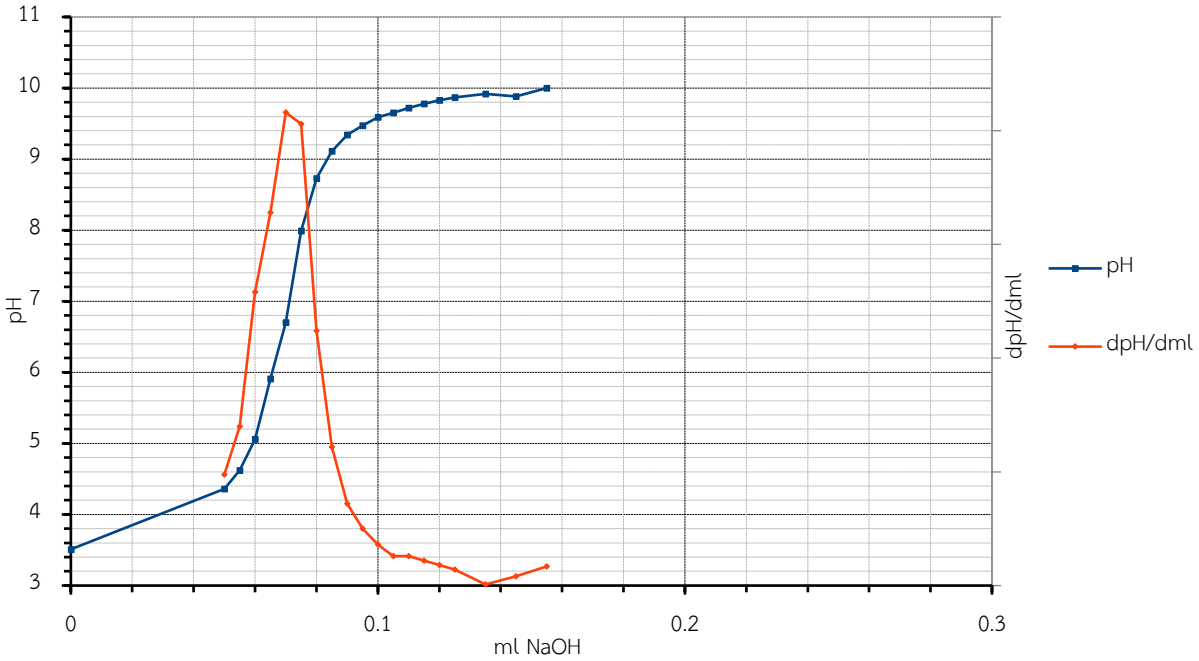
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 31 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	3.44	
0.05	3.88	10.01
0.07	4.09	22.9
0.075	4.22	24
0.08	4.33	24
0.085	4.46	28
0.09	4.61	38
0.095	4.84	61
0.1	5.22	121
0.105	6.05	167
0.11	6.89	146
0.115	7.51	113
0.12	8.02	111
0.125	8.62	104
0.13	9.06	67
0.135	9.29	41
0.14	9.47	26
0.145	9.55	14
0.15	9.61	12.33
0.16	9.74	11.67
0.18	9.92	7.75
0.2	10.05	1.64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0994 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 30 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2054 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.031 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.11
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.86
Total wt% ของ H_2O_2	15.20

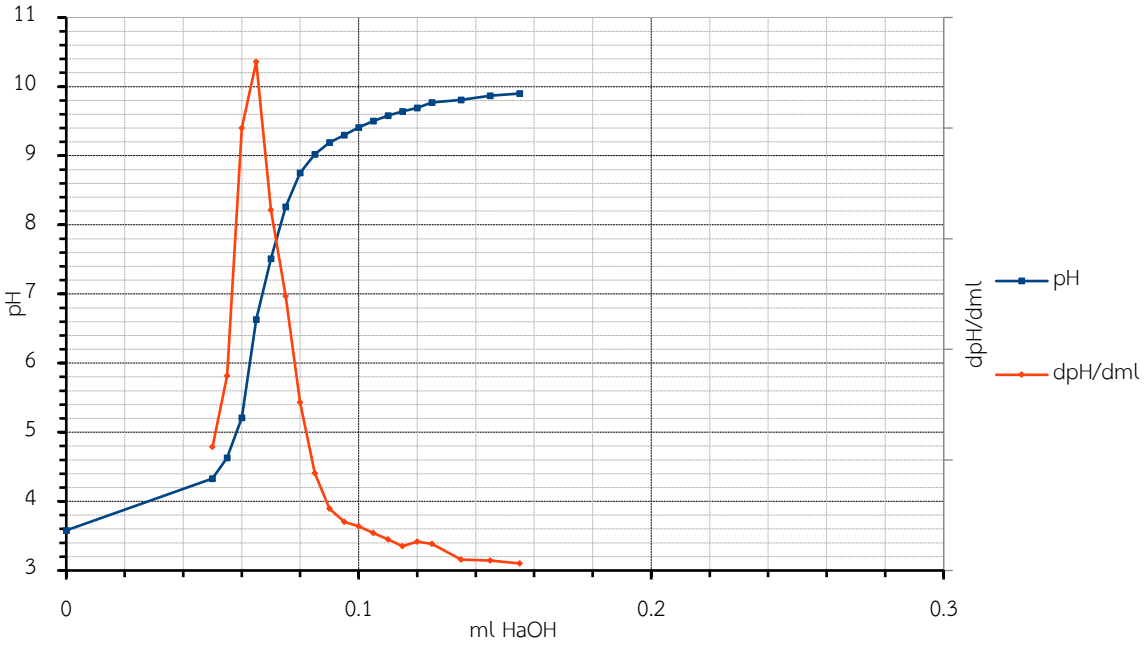
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 32 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	3.51	
0.05	4.36	48.82
0.055	4.62	70
0.06	5.06	129
0.065	5.91	164
0.07	6.7	208
0.075	7.99	203
0.08	8.73	112
0.085	9.11	61
0.09	9.34	36
0.095	9.47	25
0.1	9.59	18
0.105	9.65	13
0.11	9.72	13
0.115	9.78	11
0.12	9.83	9
0.125	9.87	7
0.135	9.92	0.5
0.145	9.88	4
0.155	10	8.38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1025 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 31 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.198 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0010 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.036 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.22
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.81
Total wt% ของ H_2O_2	18.29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

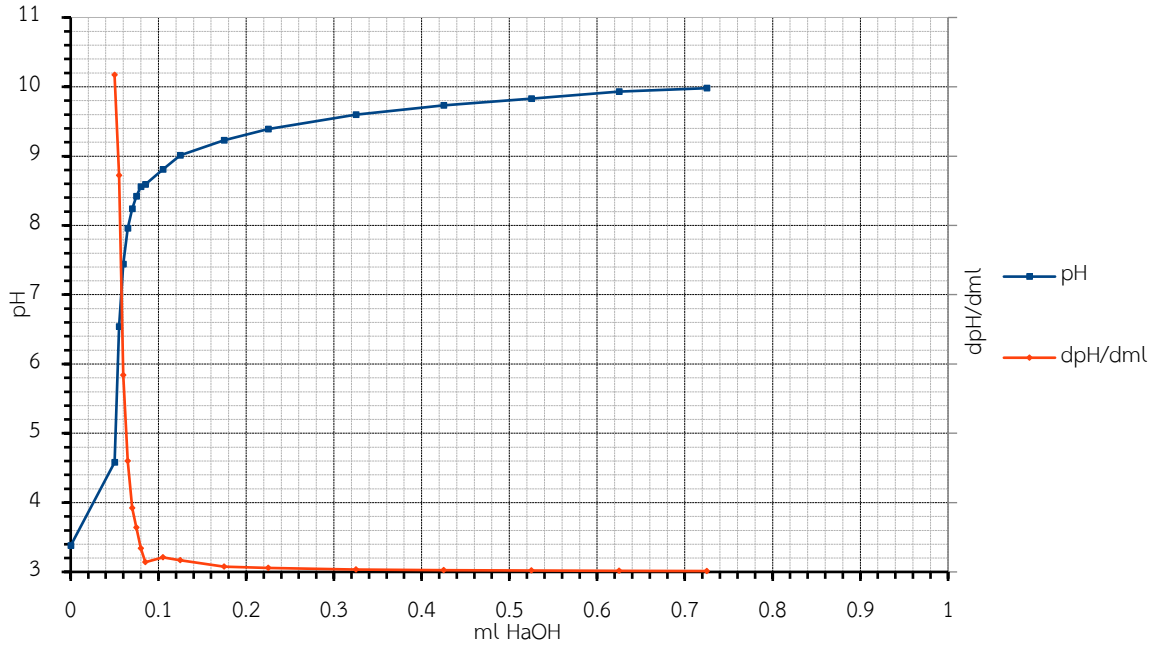
ตาราง ช. 33 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	3.58	
0.05	4.33	55.91
0.055	4.63	88
0.06	5.21	200
0.065	6.63	230
0.07	7.51	163
0.075	8.26	124
0.08	8.75	76
0.085	9.02	44
0.09	9.19	28
0.095	9.3	22
0.1	9.41	20
0.105	9.5	17
0.11	9.58	14
0.115	9.64	11
0.12	9.69	13
0.125	9.77	12
0.135	9.81	5
0.145	9.87	4.5
0.155	9.9	3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด 0.1854 g

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.4882 M



รูป ช. 32 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 8

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 8

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1909 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	13.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.033 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.2
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.45
Total wt% ของ H_2O_2	17.28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

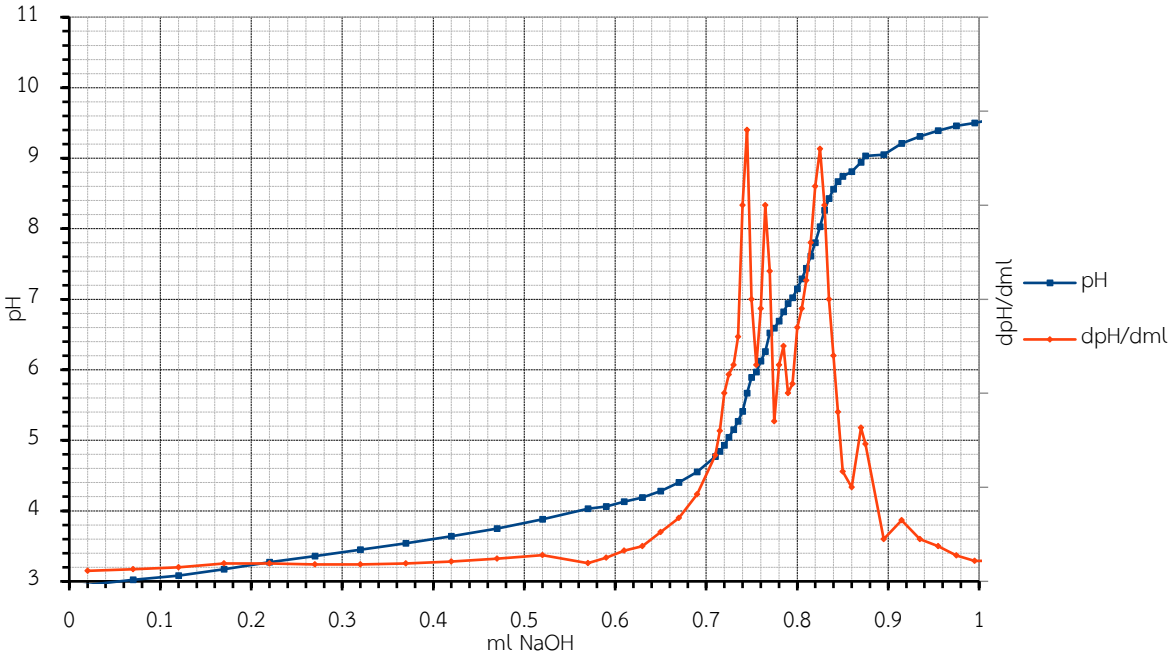
ตาราง ช. 34 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 8

ml	pH	dpH/dml
0	3.38	
0.05	4.58	358.55
0.055	6.54	286
0.06	7.44	142
0.065	7.96	80
0.07	8.24	46
0.075	8.42	32
0.08	8.56	17
0.085	8.59	7
0.105	8.81	10.5
0.125	9.01	8.4
0.175	9.23	3.8
0.225	9.39	2.83
0.325	9.6	1.7
0.425	9.73	1.15
0.525	9.83	1
0.625	9.93	0.75
0.725	9.98	0.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.02 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0994 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 33 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

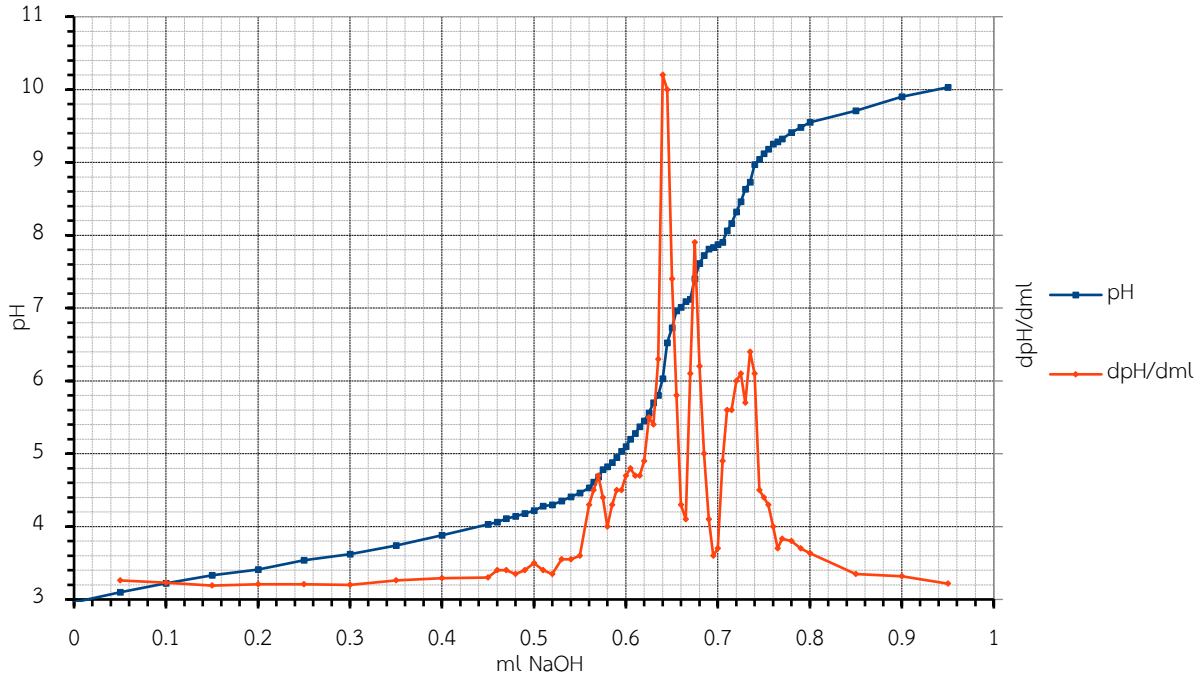
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1984 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0289 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.041 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.75
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.00
Total wt% ของ H_2O_2	21.75

ตาราง ช. 35 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	2.93	
0.02	2.95	1.11
0.07	3.02	1.3
0.12	3.08	1.5
0.17	3.17	1.9
0.22	3.27	1.9
0.27	3.36	1.8
0.32	3.45	1.8
0.37	3.54	1.9
0.42	3.64	2.1
0.47	3.75	2.4
0.52	3.88	2.8
0.57	4.03	1.93
0.59	4.06	2.5
0.61	4.13	3.25
0.63	4.19	3.75
0.65	4.28	5.25
0.67	4.4	6.75
0.69	4.55	9.25
0.71	4.77	13.4
0.715	4.84	16
0.72	4.93	20
0.725	5.04	22
0.73	5.15	23
0.735	5.27	26
0.74	5.41	40
0.745	5.67	48
0.75	5.89	30
0.755	5.97	23
0.76	6.12	29
0.765	6.26	40
0.77	6.52	33
0.775	6.59	17
0.78	6.69	23
0.785	6.82	25
0.79	6.94	20
0.795	7.02	21
0.8	7.15	27
0.805	7.29	29
0.81	7.44	32
0.815	7.61	36
0.82	7.8	42
0.825	8.03	46
0.83	8.26	40
0.835	8.43	30
0.84	8.56	24
0.845	8.67	18
0.85	8.74	11.67
0.86	8.81	10
0.87	8.94	16.33
0.875	9.03	14.6
0.895	9.05	4.5
0.915	9.21	6.5
0.935	9.31	4.5
0.955	9.39	3.75
0.975	9.46	2.75
0.995	9.5	2.17
1.045	9.63	2.2
1.095	9.72	1.9
1.145	9.82	1.83
1.245	9.97	1.4
1.345	10.1	0.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1049 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 34 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1984 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0289 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.041 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.75
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.27
Total wt% ของ H_2O_2	22.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

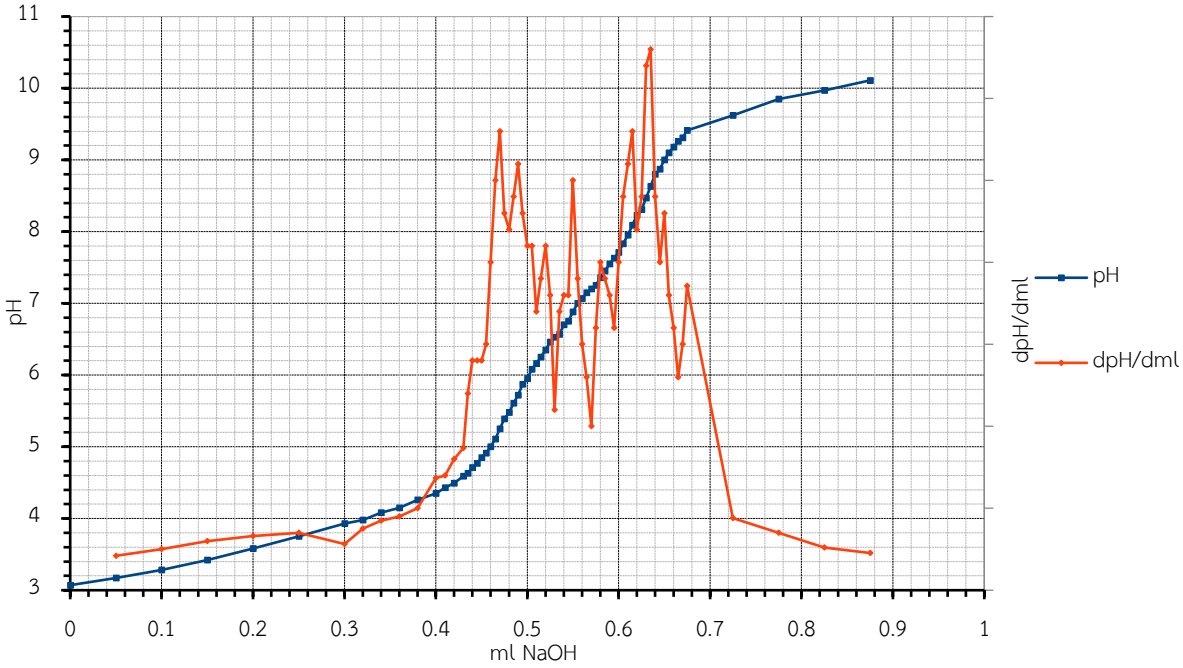
ตาราง ช. 36 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	2.96	
0.05	3.1	2.6
0.1	3.22	2.3
0.15	3.33	1.9
0.2	3.41	2.1
0.25	3.54	2.1
0.3	3.62	2
0.35	3.74	2.6
0.4	3.88	2.9
0.45	4.03	3
0.46	4.06	4
0.47	4.11	4
0.48	4.14	3.5
0.49	4.18	4
0.5	4.22	5
0.51	4.28	4
0.52	4.3	3.5
0.53	4.35	5.5
0.54	4.41	5.5
0.55	4.46	6
0.56	4.53	13
0.565	4.61	15
0.57	4.68	17
0.575	4.78	14
0.58	4.82	10
0.585	4.88	13
0.59	4.95	15
0.595	5.03	15
0.6	5.1	17
0.605	5.2	18
0.61	5.28	17
0.615	5.37	17
0.62	5.45	19
0.625	5.56	25
0.63	5.7	24
0.635	5.8	33
0.64	6.03	72
0.645	6.52	70
0.65	6.73	44
0.655	6.96	28
0.66	7.01	13
0.665	7.09	11
0.67	7.12	31
0.675	7.4	49
0.68	7.61	32
0.685	7.72	20
0.69	7.81	11
0.695	7.83	6
0.7	7.87	7
0.705	7.9	19
0.71	8.06	26
0.715	8.16	26
0.72	8.32	30
0.725	8.46	31
0.73	8.63	27
0.735	8.73	34
0.74	8.97	31
0.745	9.04	15
0.75	9.12	14
0.755	9.18	13
0.76	9.25	10
0.765	9.28	7
0.77	9.32	8.33
0.78	9.41	8
0.79	9.48	7
0.8	9.55	6.37
0.85	9.71	3.5
0.9	9.9	3.2
0.95	10.03	2.16

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0793 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 35 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1984 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0289 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.041 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.75
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.46
Total wt% ของ H_2O_2	24.21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

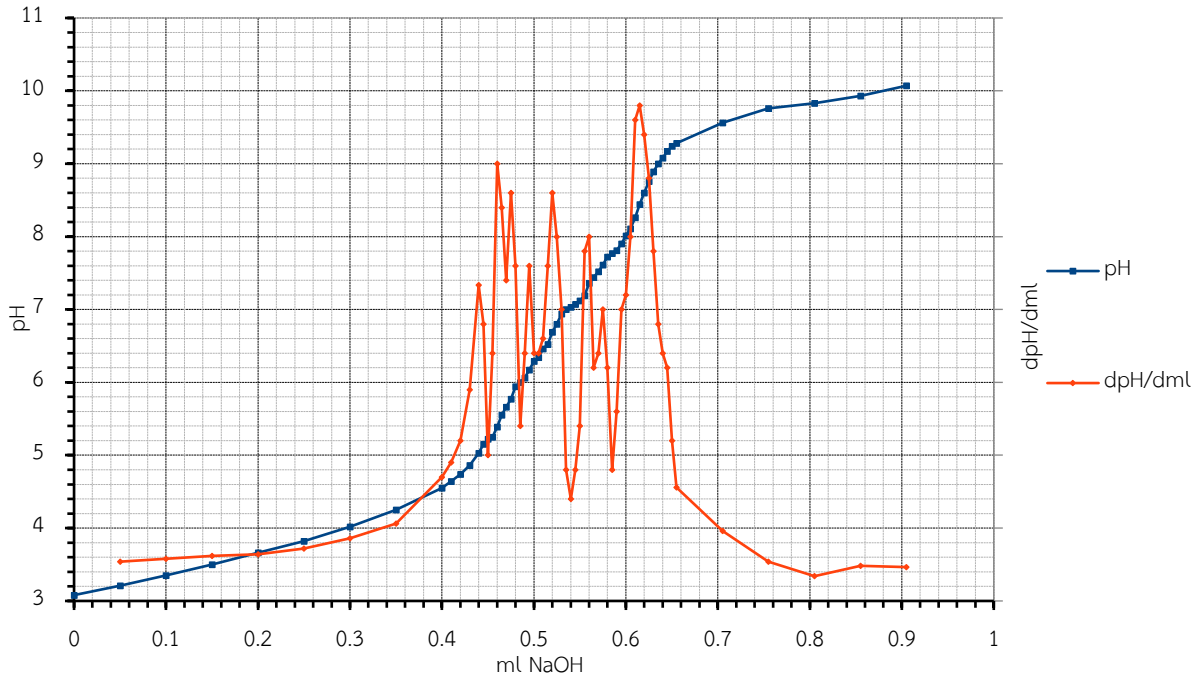
ตาราง ช. 37 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	3.07	
0.05	3.17	2.1
0.1	3.28	2.5
0.15	3.42	3
0.2	3.58	3.3
0.25	3.75	3.5
0.3	3.93	2.81
0.32	3.98	3.75
0.34	4.08	4.25
0.36	4.15	4.5
0.38	4.26	5
0.4	4.35	6.83
0.41	4.43	7
0.42	4.49	8
0.43	4.59	8.67
0.435	4.63	12
0.44	4.71	14
0.445	4.77	14
0.45	4.85	14
0.455	4.91	15
0.46	5	20
0.465	5.11	25
0.47	5.25	28
0.475	5.39	23
0.48	5.48	22
0.485	5.61	24
0.49	5.72	26
0.495	5.87	23
0.5	5.95	21
0.505	6.08	21
0.51	6.16	17
0.515	6.25	19
0.52	6.35	21
0.525	6.46	18
0.53	6.53	11
0.535	6.57	17
0.54	6.7	18
0.545	6.75	18
0.55	6.88	25
0.555	7	19
0.56	7.07	15
0.565	7.15	13
0.57	7.2	10
0.575	7.25	16
0.58	7.36	20
0.585	7.45	19
0.59	7.55	18
0.595	7.63	16
0.6	7.71	20
0.605	7.83	24
0.61	7.95	26
0.615	8.09	28
0.62	8.23	22
0.625	8.31	24
0.63	8.47	32
0.635	8.63	33
0.64	8.8	24
0.645	8.87	20
0.65	9	23
0.655	9.1	18
0.66	9.18	16
0.665	9.26	13
0.67	9.31	15
0.675	9.41	18.56
0.725	9.62	4.4
0.775	9.85	3.5
0.825	9.97	2.6
0.875	10.11	2.27

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0877 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 36 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1984 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0289 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.041 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.75
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.18
Total wt% ของ H_2O_2	22.93

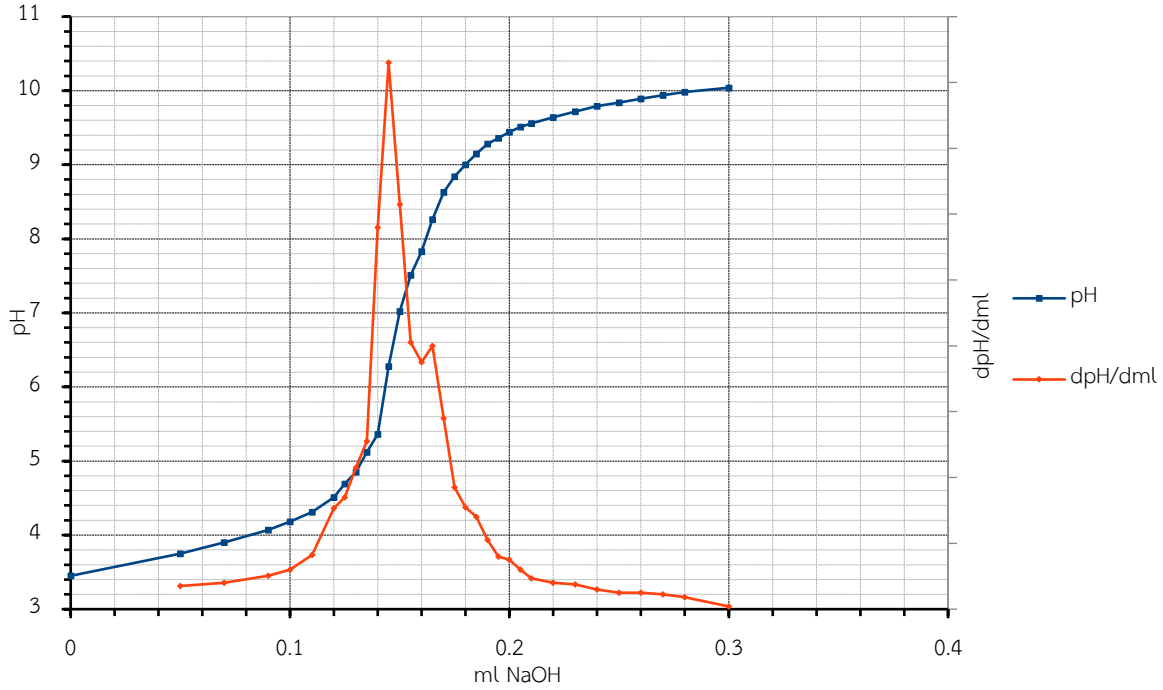
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 38 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	3.08	
0.05	3.21	2.7
0.1	3.35	2.9
0.15	3.5	3.1
0.2	3.66	3.2
0.25	3.82	3.6
0.3	4.02	4.3
0.35	4.25	5.3
0.4	4.55	8.5
0.41	4.64	9.5
0.42	4.74	11
0.43	4.86	14.5
0.44	5.03	21.67
0.445	5.15	19
0.45	5.22	10
0.455	5.25	17
0.46	5.39	30
0.465	5.55	27
0.47	5.66	22
0.475	5.77	28
0.48	5.94	23
0.485	6	12
0.49	6.06	17
0.495	6.17	23
0.5	6.29	17
0.505	6.34	17
0.51	6.46	18
0.515	6.52	23
0.52	6.69	28
0.525	6.8	25
0.53	6.94	20
0.535	7	9
0.54	7.03	7
0.545	7.07	9
0.55	7.12	12
0.555	7.19	24
0.56	7.36	25
0.565	7.44	16
0.57	7.52	17
0.575	7.61	20
0.58	7.72	16
0.585	7.77	9
0.59	7.81	13
0.595	7.9	20
0.6	8.01	21
0.605	8.11	25
0.61	8.26	33
0.615	8.44	34
0.62	8.6	32
0.625	8.76	29
0.63	8.89	24
0.635	9	19
0.64	9.08	17
0.645	9.17	16
0.65	9.24	11
0.655	9.28	7.78
0.705	9.56	4.8
0.755	9.76	2.7
0.805	9.83	1.7
0.855	9.93	2.4
0.905	10.07	2.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1013 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 37 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1064 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0289 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0005 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.018 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.89
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.33
Total wt% ของ H_2O_2	18.22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

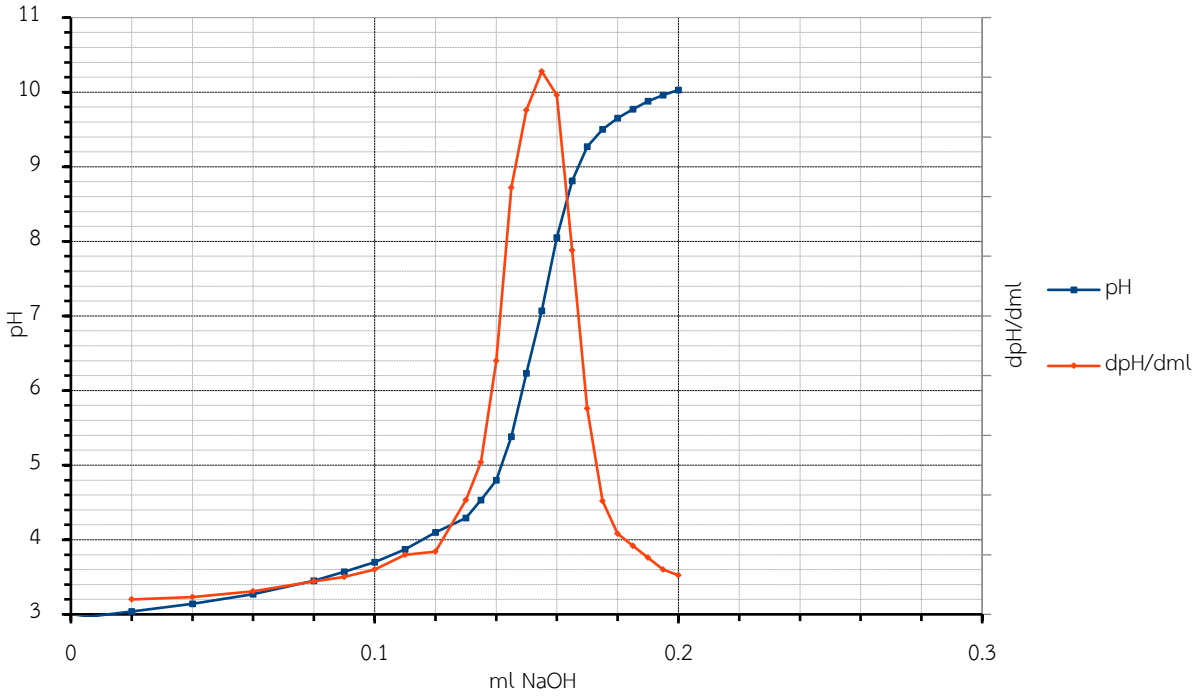
ตาราง ช. 39 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	3.45	
0.05	3.75	7.07
0.07	3.9	8
0.09	4.07	10.17
0.1	4.18	12
0.11	4.31	16.5
0.12	4.51	30.67
0.125	4.69	34
0.13	4.85	43
0.135	5.12	51
0.14	5.36	116
0.145	6.28	166
0.15	7.02	123
0.155	7.51	81
0.16	7.83	75
0.165	8.26	80
0.17	8.63	58
0.175	8.84	37

ml	pH	dpH/dml
0.18	9	31
0.185	9.15	28
0.19	9.28	21
0.195	9.36	16
0.2	9.44	15
0.205	9.51	12
0.21	9.56	9.33
0.22	9.64	8
0.23	9.72	7.5
0.24	9.79	6
0.25	9.84	5
0.26	9.89	5
0.27	9.94	4.5
0.28	9.98	3.67
0.3	10.04	0.82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1031 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 38 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 5

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 5

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2087 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	13.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.030 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0001 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.035 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.82
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.24
Total wt% ของ H_2O_2	17.06

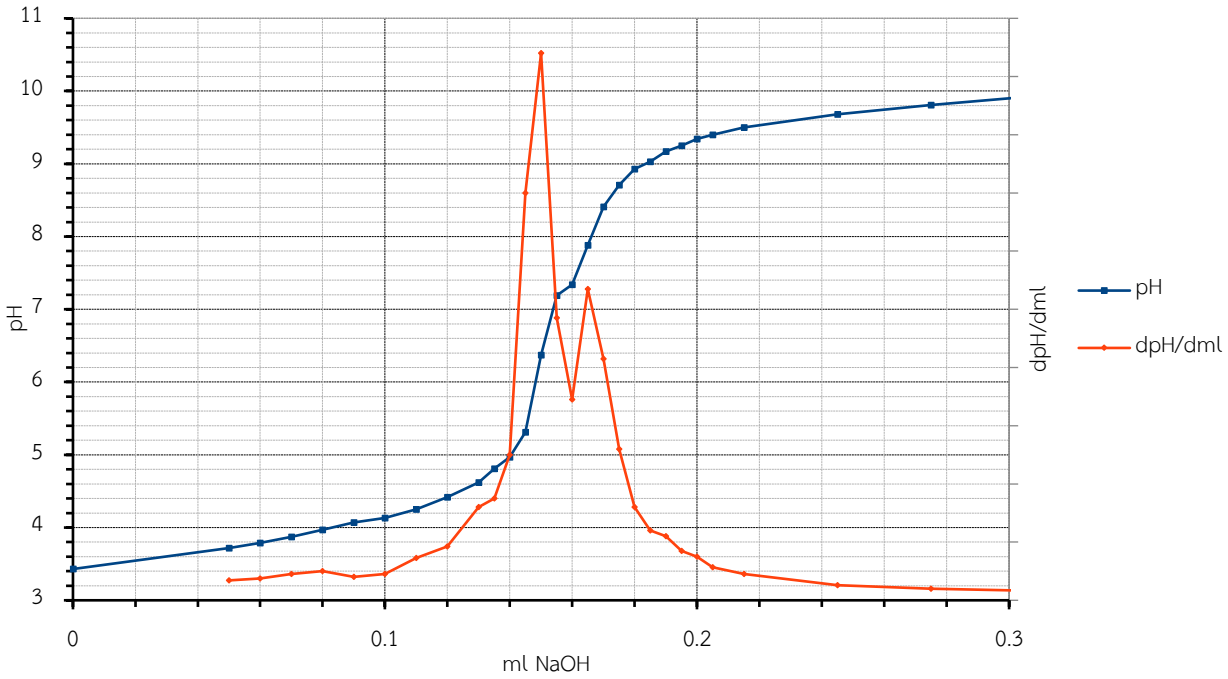
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 40 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 5

ml	pH	dpH/dml
0	2.94	
0.02	3.04	5
0.04	3.14	5.75
0.06	3.27	7.75
0.08	3.45	11
0.09	3.57	12.5
0.1	3.7	15
0.11	3.87	20
0.12	4.1	21
0.13	4.29	38.33
0.135	4.53	51
0.14	4.8	85
0.145	5.38	143
0.15	6.23	169
0.155	7.07	182
0.16	8.05	174
0.165	8.81	122
0.17	9.27	69
0.175	9.5	38
0.18	9.65	27
0.185	9.77	23
0.19	9.88	19
0.195	9.96	15
0.2	10.03	13.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2038 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 39 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ *7*

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 7

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2022 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.031 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.46
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Total wt% ของ H_2O_2 15.58

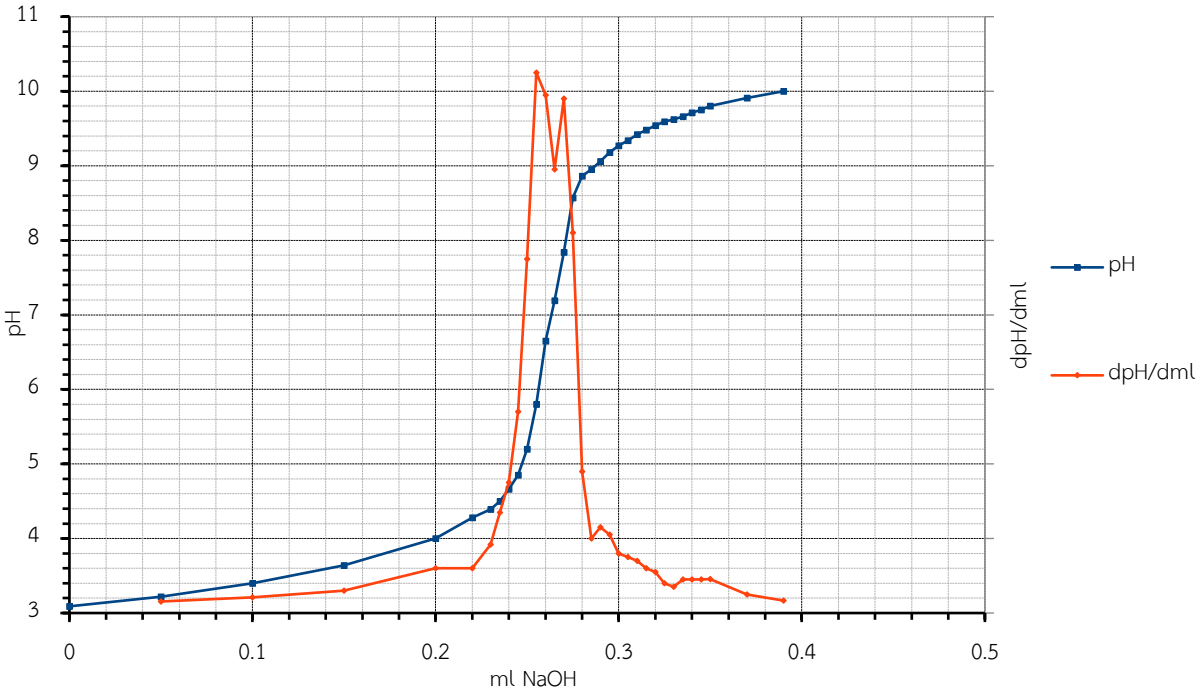
ตาราง ช. 41 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0	3.43	
0.05	3.72	6.8
0.06	3.79	7.5
0.07	3.87	9
0.08	3.97	10
0.09	4.07	8
0.1	4.13	9
0.11	4.25	14.5
0.12	4.42	18.5
0.13	4.62	32
0.135	4.81	35
0.14	4.97	50
0.145	5.31	140
0.15	6.37	188
0.155	7.19	97
0.16	7.34	69
0.165	7.88	107
0.17	8.41	83
0.175	8.71	52
0.18	8.93	32
0.185	9.03	24
0.19	9.17	22
0.195	9.25	17
0.2	9.34	15
0.205	9.4	11.33
0.215	9.5	9
0.245	9.68	5.17

ml	pH	dpH/dml
0.275	9.81	4
0.305	9.92	3.33
0.335	10.01	0.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.441 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 40 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 8

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1962 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.031 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.65
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.056
Total wt% ของ H_2O_2	15.71

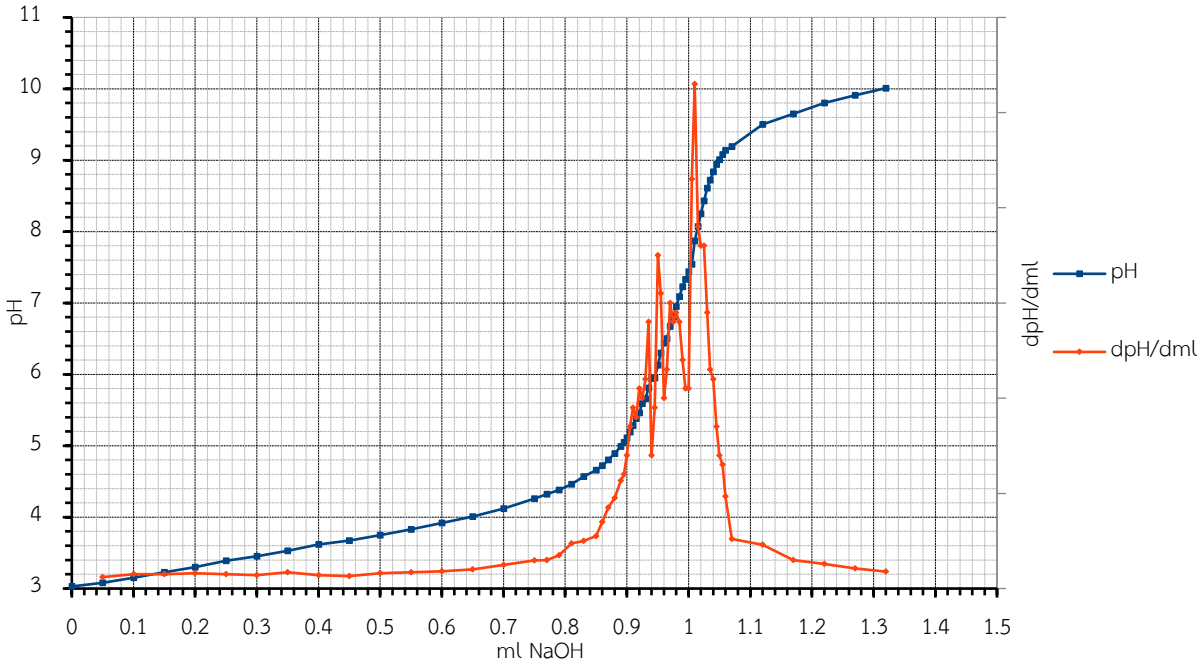
ตาราง ช. 42 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 8

ml	pH	dpH/dml
0	3.09	
0.05	3.22	3.1
0.1	3.4	4.2
0.15	3.64	6
0.2	4	12.06
0.22	4.28	12
0.23	4.39	18.33
0.235	4.5	27
0.24	4.66	35
0.245	4.85	54
0.25	5.2	95
0.255	5.8	145
0.26	6.65	139
0.265	7.19	119
0.27	7.84	138
0.275	8.57	102
0.28	8.86	38
0.285	8.95	20
0.29	9.06	23
0.295	9.18	21
0.3	9.27	16
0.305	9.34	15
0.31	9.42	14
0.315	9.48	12
0.32	9.54	11
0.325	9.59	8
0.33	9.62	7
0.335	9.66	9
0.34	9.71	9
0.345	9.75	9
0.35	9.8	9.1
0.37	9.91	5
0.39	10	3.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.118 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 41 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2305 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	28.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0019 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.067 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.12
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.84
Total wt% ของ H_2O_2	29.97

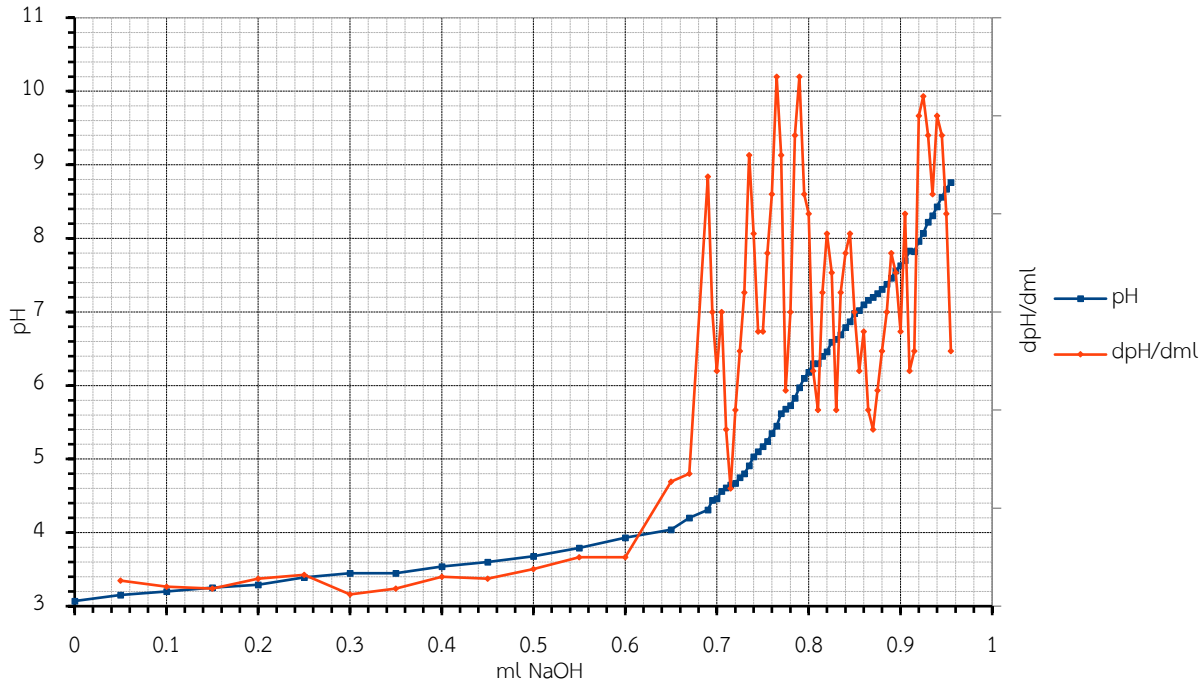
ตาราง ช. 43 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	3.03	
0.05	3.08	1.2
0.1	3.15	1.5
0.15	3.23	1.5
0.2	3.3	1.6
0.25	3.39	1.5
0.3	3.45	1.4
0.35	3.53	1.7
0.4	3.62	1.4
0.45	3.67	1.3
0.5	3.75	1.6
0.55	3.83	1.7
0.6	3.92	1.8
0.65	4.01	2
0.7	4.12	2.5
0.75	4.26	2.94
0.77	4.32	3
0.79	4.38	3.5
0.81	4.46	4.75
0.83	4.57	5
0.85	4.66	5.5
0.86	4.72	7
0.87	4.8	8.5
0.88	4.89	9.5
0.89	4.99	11.33
0.895	5.05	12
0.9	5.11	14
0.905	5.19	17
0.91	5.28	19
0.915	5.38	18
0.92	5.46	21
0.925	5.59	20
0.93	5.66	22
0.935	5.81	28
0.94	5.94	14
0.945	5.95	19
0.95	6.13	35
0.955	6.3	31
0.96	6.44	20
0.965	6.5	23
0.97	6.67	30
0.975	6.8	28
0.98	6.95	29
0.985	7.09	28
0.99	7.23	24
0.995	7.33	21
1	7.44	21
1.005	7.54	43
1.01	7.87	53
1.015	8.07	38
1.02	8.25	36
1.025	8.43	36
1.03	8.61	29
1.035	8.72	23
1.04	8.84	22
1.045	8.94	17
1.05	9.01	14
1.055	9.08	13
1.06	9.14	9.67
1.07	9.19	5.2
1.12	9.5	4.6
1.17	9.65	3
1.22	9.8	2.6
1.27	9.91	2.1
1.32	10.01	1.78

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1087 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 42 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2304 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0019 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.065 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.00
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.06
Total wt% ของ H_2O_2	30.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

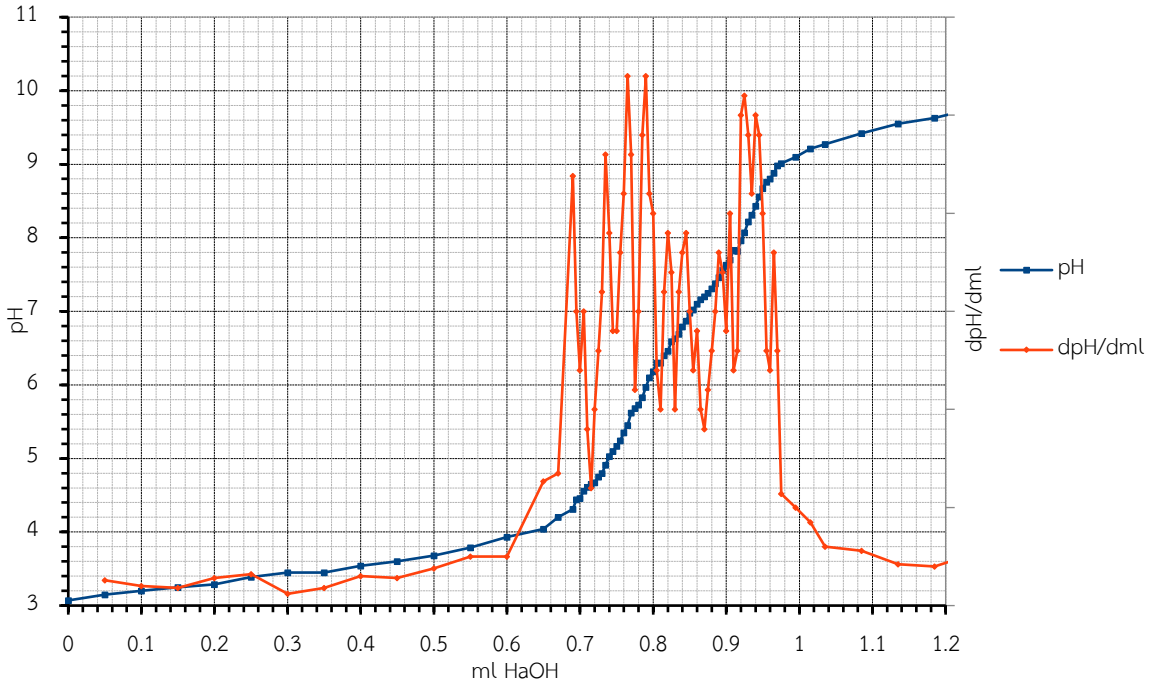
ตาราง ช. 44 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	3.07	
0.05	3.15	1.3
0.1	3.2	1
0.15	3.25	0.9
0.2	3.29	1.4
0.25	3.39	1.6
0.3	3.45	0.6
0.35	3.45	0.9
0.4	3.54	1.5
0.45	3.6	1.4
0.5	3.68	1.9
0.55	3.79	2.5
0.6	3.93	2.5
0.65	4.04	6.34
0.67	4.2	6.75
0.69	4.31	21.9
0.695	4.44	15
0.7	4.46	12
0.705	4.56	15
0.71	4.61	9
0.715	4.65	6
0.72	4.67	10
0.725	4.75	13
0.73	4.8	16
0.735	4.91	23
0.74	5.03	19
0.745	5.1	14
0.75	5.17	14
0.755	5.24	18
0.76	5.35	21
0.765	5.45	27
0.77	5.62	23
0.775	5.68	11
0.78	5.73	15
0.785	5.83	24
0.79	5.97	27
0.795	6.1	21
0.8	6.18	20
0.805	6.3	12
0.81	6.3	10
0.815	6.4	16
0.82	6.46	19
0.825	6.59	17
0.83	6.63	10
0.835	6.69	16
0.84	6.79	18
0.845	6.87	19
0.85	6.98	15
0.855	7.02	12
0.86	7.1	14
0.865	7.16	10
0.87	7.2	9
0.875	7.25	11
0.88	7.31	13
0.885	7.38	15
0.89	7.46	18
0.895	7.56	17
0.9	7.63	14
0.905	7.7	20
0.91	7.83	12
0.915	7.82	13
0.92	7.96	25
0.925	8.07	26
0.93	8.22	24
0.935	8.31	21
0.94	8.43	25
0.945	8.56	24
0.95	8.67	20
0.955	8.76	13
0.96	8.8	12
0.965	8.88	18
0.97	8.98	13
0.975	9.01	5.7
0.995	9.1	5
1.015	9.21	4.25
1.035	9.27	3
1.085	9.42	2.8
1.135	9.55	2.1
1.185	9.63	2
1.235	9.75	2.6
1.285	9.89	2.2
1.335	9.97	2.3
1.385	10.12	2.84

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0978 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 43 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1963 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0016 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.053 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	27.07
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.03
Total wt% ของ H_2O_2	29.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

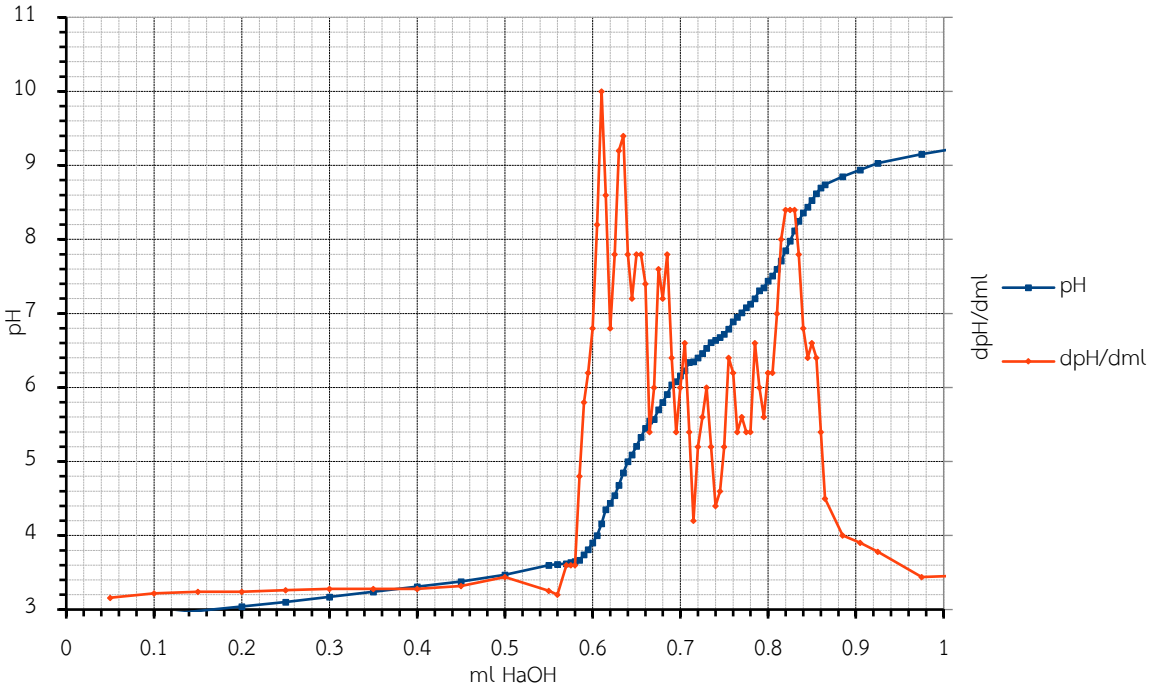
ตาราง ช. 45 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	2.92	
0.05	2.95	1.1
0.1	3.03	1.5
0.15	3.1	1.6
0.2	3.19	1.6
0.25	3.26	1.6
0.3	3.35	1.7
0.35	3.43	2.1
0.4	3.56	2.4
0.45	3.67	2.9
0.5	3.85	2.81
0.52	3.9	3.25
0.54	3.98	4
0.56	4.06	5.25
0.58	4.19	4.75
0.6	4.25	6
0.62	4.43	13
0.625	4.5	14
0.63	4.57	13
0.635	4.63	16
0.64	4.73	25
0.645	4.88	22
0.65	4.95	29
0.655	5.17	38
0.66	5.33	26
0.665	5.43	32
0.67	5.65	53
0.675	5.96	44
0.68	6.09	15
0.685	6.11	13
0.69	6.22	22
0.695	6.33	27
0.7	6.49	24
0.705	6.57	16
0.71	6.65	15
0.715	6.72	14
0.72	6.79	14
0.725	6.86	11
0.73	6.9	12
0.735	6.98	15
0.74	7.05	15
0.745	7.13	15
0.75	7.2	14
0.755	7.27	17
0.76	7.37	20
0.765	7.47	22
0.77	7.59	22
0.775	7.69	27
0.78	7.86	26
0.785	7.95	32
0.79	8.18	38
0.795	8.33	28
0.8	8.46	21
0.805	8.54	17
0.81	8.63	17
0.815	8.71	16
0.82	8.79	13
0.825	8.84	10
0.83	8.89	14
0.835	8.98	21
0.84	9.1	20.7
0.86	9.25	6.33
0.91	9.42	2.6
0.96	9.51	1.7
1.01	9.59	2
1.06	9.71	1.7
1.11	9.76	1.4
1.16	9.85	1.6
1.21	9.92	1.6
1.26	10.01	1.55

*มีการใช้โปรแกรม fityk เพื่อหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1245 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 44 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1963 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0016 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.053 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	27.07
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.03
Total wt% ของ H_2O_2	29.01

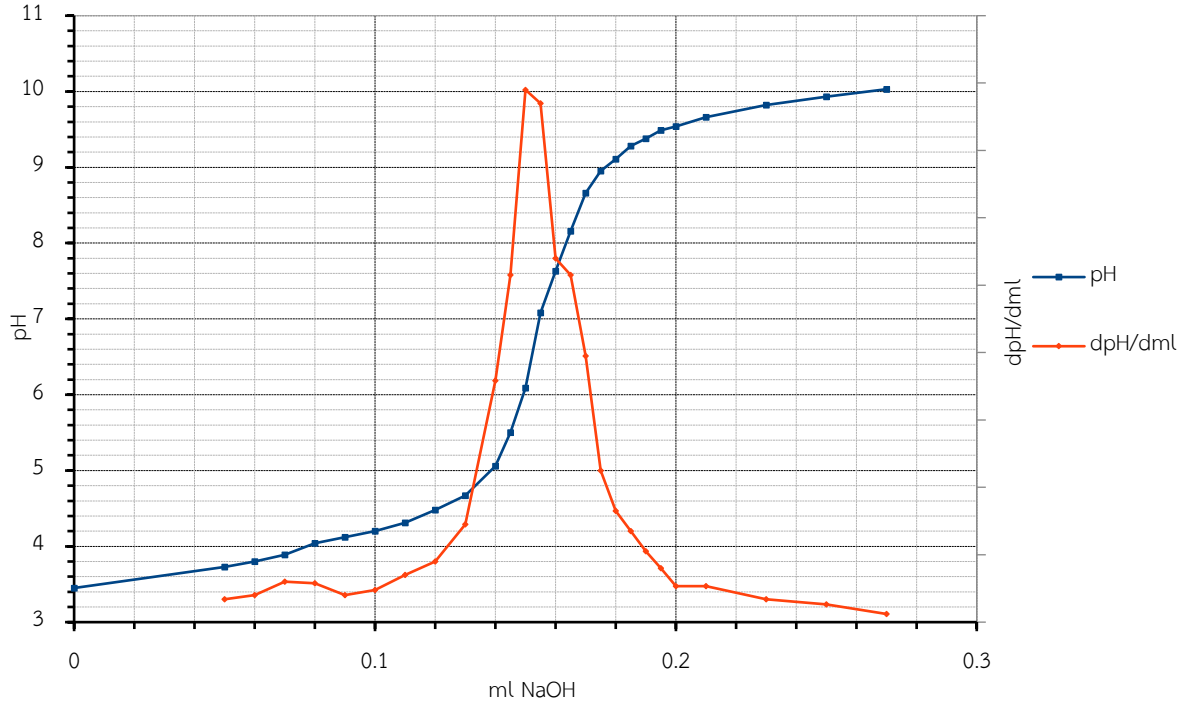
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 46 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	2.84	
0.05	2.87	0.8
0.1	2.92	1.1
0.15	2.98	1.2
0.2	3.04	1.2
0.25	3.1	1.3
0.3	3.17	1.4
0.35	3.24	1.4
0.4	3.31	1.4
0.45	3.38	1.6
0.5	3.47	2.2
0.55	3.6	1.27
0.56	3.61	1
0.57	3.62	3
0.575	3.64	3
0.58	3.65	3
0.585	3.67	9
0.59	3.74	14
0.595	3.81	16
0.6	3.9	19
0.605	4	26
0.61	4.16	35
0.615	4.35	28
0.62	4.44	19
0.625	4.54	24
0.63	4.68	31
0.635	4.85	32
0.64	5	24
0.645	5.09	21
0.65	5.21	24
0.655	5.33	24
0.66	5.45	22
0.665	5.55	12
0.67	5.57	15
0.675	5.7	23
0.68	5.8	21
0.685	5.91	24
0.69	6.04	17
0.695	6.08	12
0.7	6.16	15
0.705	6.23	18
0.71	6.34	12
0.715	6.35	6
0.72	6.4	11
0.725	6.46	13
0.73	6.53	15
0.735	6.61	11
0.74	6.64	7
0.745	6.68	8
0.75	6.72	11
0.755	6.79	17
0.76	6.89	16
0.765	6.95	12
0.77	7.01	13
0.775	7.08	12
0.78	7.13	12
0.785	7.2	18
0.79	7.31	15
0.795	7.35	13
0.8	7.44	16
0.805	7.51	16
0.81	7.6	20
0.815	7.71	25
0.82	7.85	27
0.825	7.98	27
0.83	8.12	27
0.835	8.25	24
0.84	8.36	19
0.845	8.44	17
0.85	8.53	18
0.855	8.62	17
0.86	8.7	12
0.865	8.74	7.5
0.885	8.85	5
0.905	8.94	4.5
0.925	9.03	3.9
0.975	9.15	2.2
1.025	9.25	2.3
1.075	9.38	2.17
1.175	9.51	1.4
1.275	9.66	1.25
1.375	9.76	1
1.475	9.86	0.85
1.575	9.93	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1245 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 45 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1935 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0015 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.051 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	26.61
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.93
Total wt% ของ H_2O_2	28.53

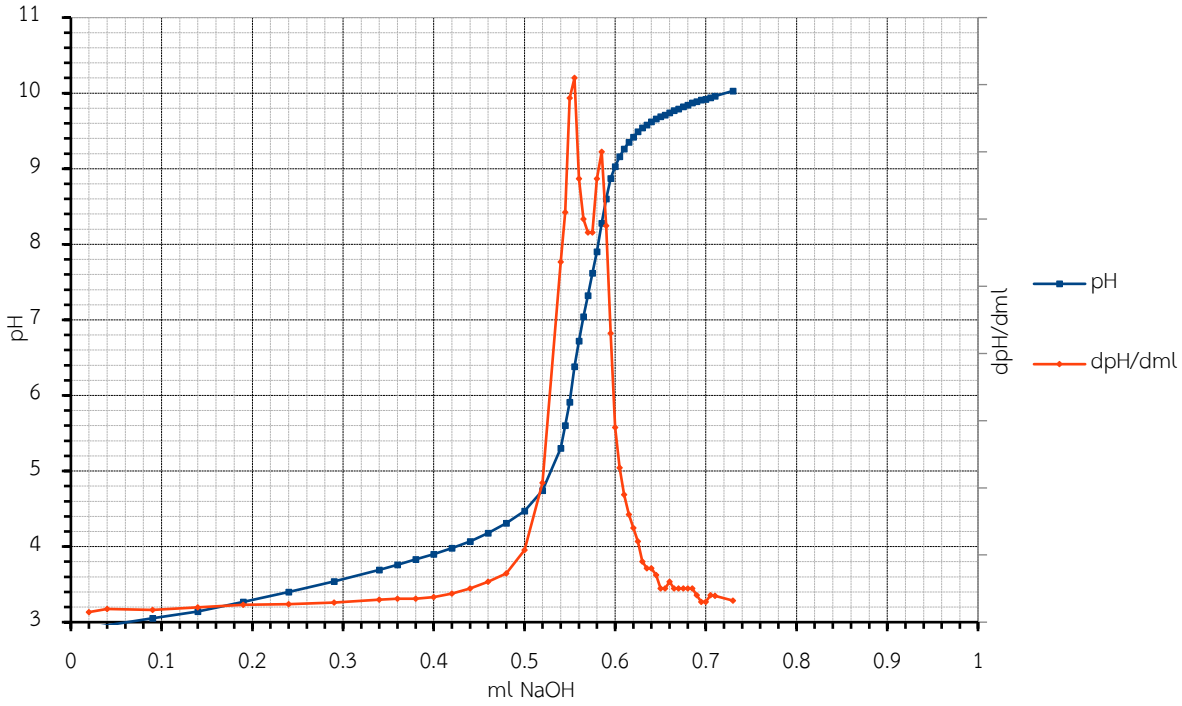
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 47 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	3.45	
0.05	3.73	6.77
0.06	3.8	8
0.07	3.89	12
0.08	4.04	11.5
0.09	4.12	8
0.1	4.2	9.5
0.11	4.31	14
0.12	4.48	18
0.13	4.67	29
0.14	5.06	71.67
0.145	5.5	103
0.15	6.09	158
0.155	7.08	154
0.16	7.63	108
0.165	8.16	103
0.17	8.66	79
0.175	8.95	45
0.18	9.11	33
0.185	9.28	27
0.19	9.38	21
0.195	9.49	16
0.2	9.54	10.67
0.21	9.66	10.67
0.23	9.82	6.75
0.25	9.93	5.25
0.27	10.03	2.43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1021 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 46 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2018 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0011 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.036 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.11
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.24
Total wt% ของ H_2O_2	18.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

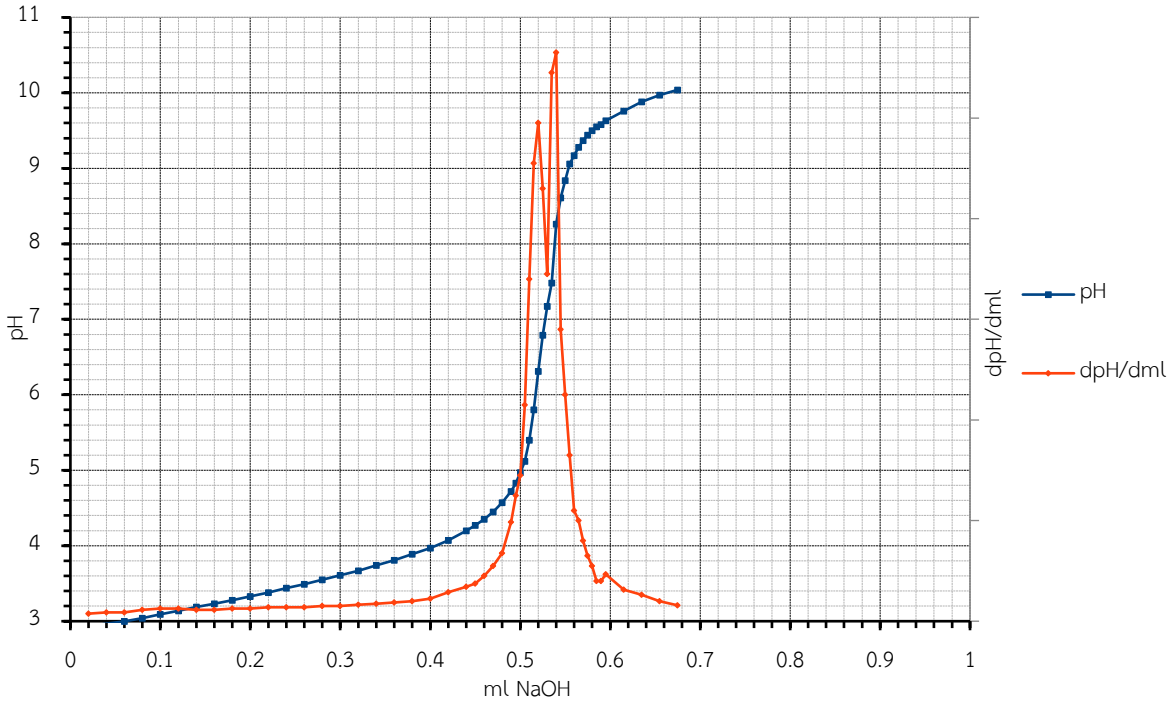
ตาราง ช. 48 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	2.9	
0.02	2.92	1.5
0.04	2.96	1.94
0.09	3.05	1.8
0.14	3.14	2.2
0.19	3.27	2.6
0.24	3.4	2.7
0.29	3.54	2.9
0.34	3.69	3.36
0.36	3.76	3.5
0.38	3.83	3.5
0.4	3.9	3.75
0.42	3.98	4.25
0.44	4.07	5
0.46	4.18	6
0.48	4.31	7.25
0.5	4.47	10.75
0.52	4.74	20.75
0.54	5.3	53.6
0.545	5.6	61
0.55	5.91	78
0.555	6.38	81
0.56	6.72	66
0.565	7.04	60
0.57	7.32	58
0.575	7.62	58
0.58	7.9	66
0.585	8.28	70

ml	pH	dpH/dml
0.59	8.6	59
0.595	8.87	43
0.6	9.03	29
0.605	9.16	23
0.61	9.26	19
0.615	9.35	16
0.62	9.42	14
0.625	9.49	12
0.63	9.54	9
0.635	9.58	8
0.64	9.62	8
0.645	9.66	7
0.65	9.69	5
0.655	9.71	5
0.66	9.74	6
0.665	9.77	5
0.67	9.79	5
0.675	9.82	5
0.68	9.84	5
0.685	9.87	5
0.69	9.89	4
0.695	9.91	3
0.7	9.92	3
0.705	9.94	4
0.71	9.96	3.9
0.73	10.03	3.21

สถาบันวิทยบริการ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.517 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 47 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1275 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0006 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.022 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.21
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.064
Total wt% ของ H_2O_2	17.26

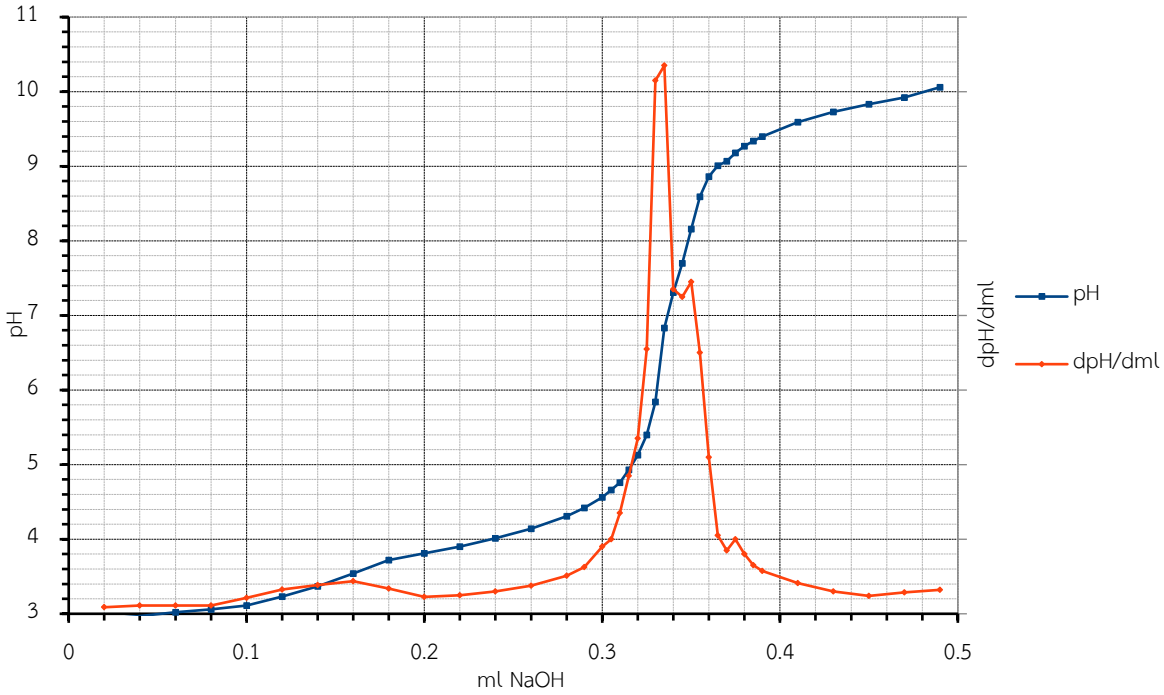
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 49 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	2.91	
0.02	2.93	1.5
0.04	2.97	1.75
0.06	3	1.75
0.08	3.04	2.25
0.1	3.09	2.5
0.12	3.14	2.5
0.14	3.19	2.25
0.16	3.23	2.25
0.18	3.28	2.5
0.2	3.33	2.5
0.22	3.38	2.75
0.24	3.44	2.75
0.26	3.49	2.75
0.28	3.55	3
0.3	3.61	3
0.32	3.67	3.25
0.34	3.74	3.5
0.36	3.81	3.75
0.38	3.89	4
0.4	3.97	4.5
0.42	4.07	5.75
0.44	4.2	6.83
0.45	4.27	7.5
0.46	4.35	9
0.47	4.45	11
0.48	4.57	13.5
0.49	4.72	19.67
0.495	4.83	25
0.5	4.97	29
0.505	5.12	43
0.51	5.4	68
0.515	5.8	91
0.52	6.31	99
0.525	6.79	86
0.53	7.17	69
0.535	7.48	109
0.54	8.26	113
0.545	8.61	58
0.55	8.84	45
0.555	9.06	33
0.56	9.17	22
0.565	9.28	20
0.57	9.37	16
0.575	9.44	13
0.58	9.5	11
0.585	9.55	8
0.59	9.58	8
0.595	9.63	9.3
0.615	9.76	6.25
0.635	9.88	5.25
0.655	9.97	4
0.675	10.04	3.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5283 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 48 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 4

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 4

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1275 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00052 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0175 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.91
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.063
Total wt% ของ H_2O_2	15.97

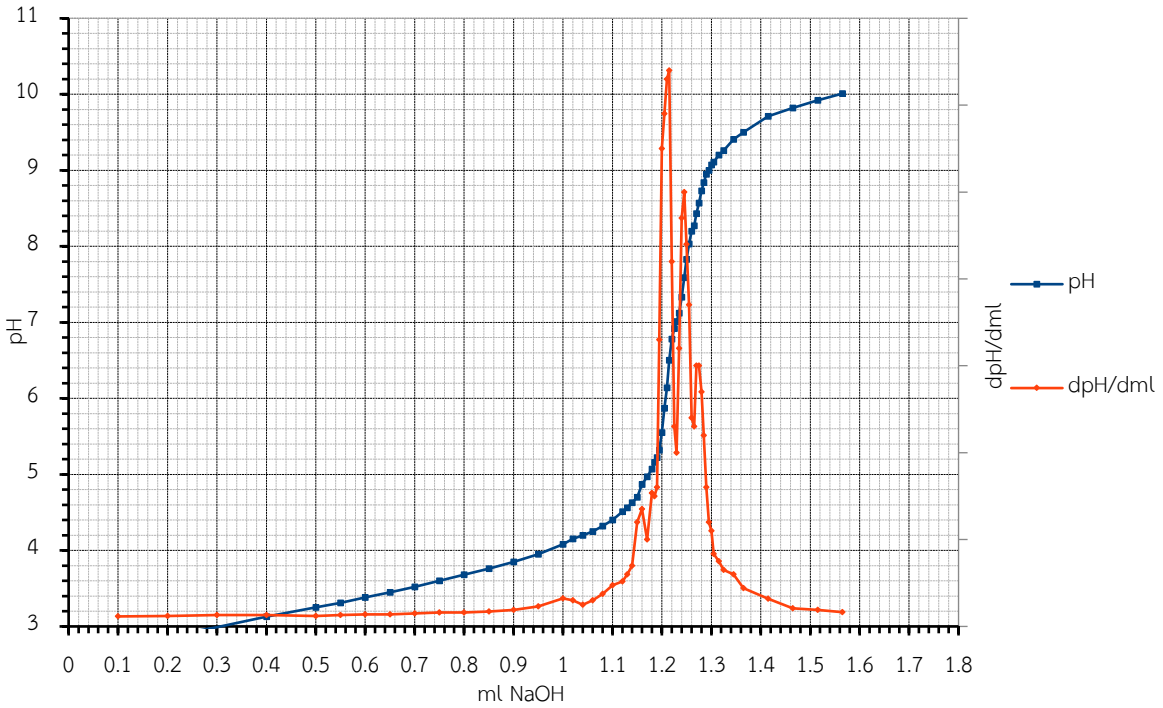
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 50 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0	2.9	
0.02	2.93	1.75
0.04	2.97	2.25
0.06	3.02	2.25
0.08	3.06	2.25
0.1	3.11	4.25
0.12	3.23	6.5
0.14	3.37	7.75
0.16	3.54	8.75
0.18	3.72	6.75
0.2	3.81	4.5
0.22	3.9	5
0.24	4.01	6
0.26	4.14	7.5
0.28	4.31	10.17
0.29	4.42	12.5
0.3	4.56	18
0.305	4.66	20
0.31	4.76	27
0.315	4.93	37
0.32	5.13	47
0.325	5.4	71
0.33	5.84	143
0.335	6.83	147
0.34	7.31	87
0.345	7.7	85
0.35	8.16	89
0.355	8.59	70
0.36	8.86	42
0.365	9.01	21
0.37	9.07	17
0.375	9.18	20
0.38	9.27	16
0.385	9.34	13
0.39	9.4	11.5
0.41	9.59	8.25
0.43	9.73	6
0.45	9.83	4.75
0.47	9.92	5.75
0.49	10.06	6.42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5141 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 49 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 5

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 5

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1103 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.028 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00052 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0175 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.91
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.11
Total wt% ของ H_2O_2	16.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 51 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 5

ml	pH	dpH/dml
0	2.64	
0.1	2.75	1.15
0.2	2.87	1.2
0.3	2.99	1.3
0.4	3.13	1.3
0.5	3.25	1.2
0.55	3.31	1.3
0.6	3.38	1.4
0.65	3.45	1.4
0.7	3.52	1.5
0.75	3.6	1.6
0.8	3.68	1.6
0.85	3.76	1.7
0.9	3.85	1.9
0.95	3.95	2.3
1	4.08	3.24
1.02	4.15	3
1.04	4.2	2.5
1.06	4.25	3
1.08	4.32	3.75
1.1	4.4	4.75
1.12	4.51	5.17
1.13	4.56	6
1.14	4.63	7
1.15	4.7	12
1.16	4.87	13.5

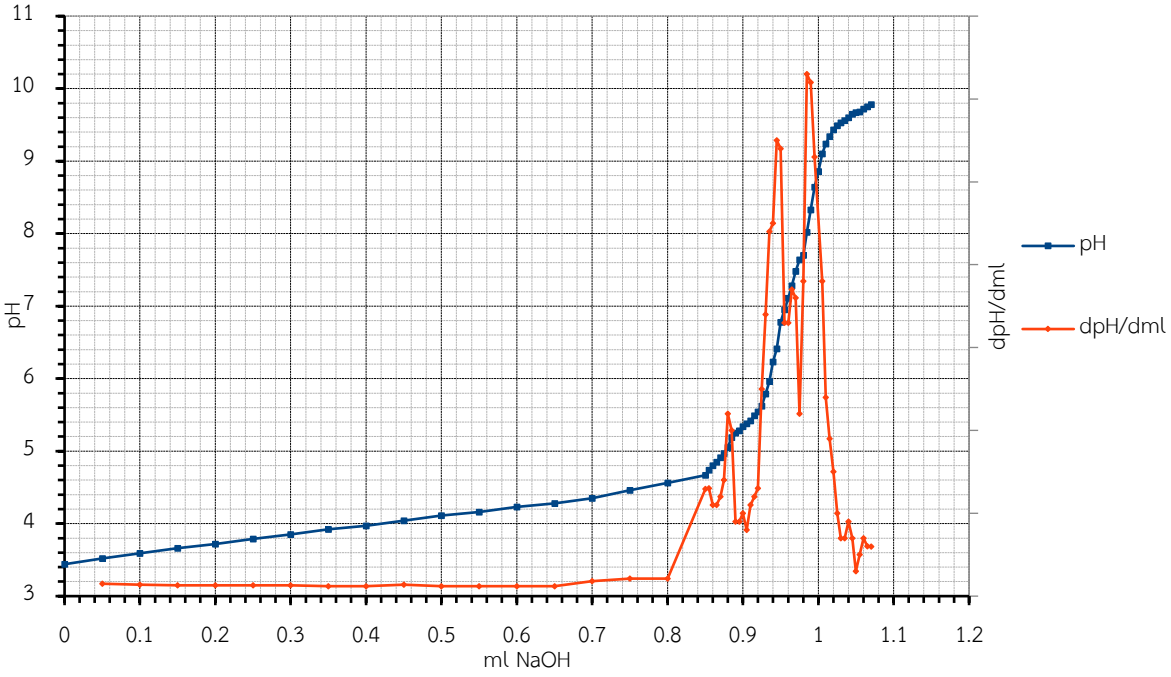
ml	pH	dpH/dml
1.17	4.97	10
1.18	5.07	15.33
1.185	5.16	15
1.19	5.22	16
1.195	5.32	33
1.2	5.55	55
1.205	5.87	59
1.21	6.14	63
1.215	6.5	64
1.22	6.78	42
1.225	6.92	23
1.23	7.01	20
1.235	7.12	32
1.24	7.33	47
1.245	7.59	50
1.25	7.83	44
1.255	8.03	37
1.26	8.2	24
1.265	8.27	23
1.27	8.43	30
1.275	8.57	30
1.28	8.73	27
1.285	8.84	22
1.29	8.95	16
1.295	9	12
1.3	9.07	11

ml	pH	dpH/dml
1.305	9.11	8.33
1.315	9.2	7.5
1.325	9.26	6.5
1.345	9.41	6
1.365	9.5	4.41
1.415	9.71	3.2
1.465	9.82	2.1
1.515	9.92	1.9
1.565	10.01	1.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมซัลเฟต 0.1 ml หลังจากผสม 10 นาที (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.109 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 50 *กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

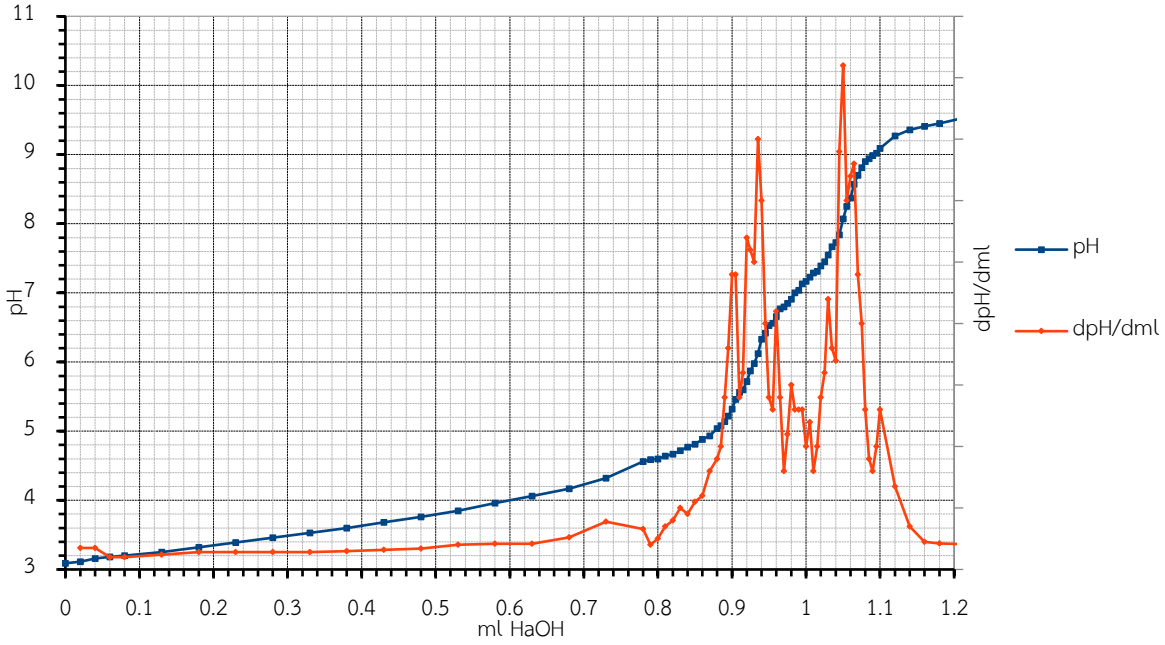
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2295 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	28.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0021 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.071 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.73
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.57
Total wt% ของ H_2O_2	31.31

ตาราง ช. 52 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	3.44	
0.05	3.52	1.5
0.1	3.59	1.4
0.15	3.66	1.3
0.2	3.72	1.3
0.25	3.79	1.3
0.3	3.85	1.3
0.35	3.92	1.2
0.4	3.97	1.2
0.45	4.04	1.4
0.5	4.11	1.2
0.55	4.16	1.2
0.6	4.23	1.2
0.65	4.28	1.2
0.7	4.35	1.8
0.75	4.46	2.1
0.8	4.56	2.1
0.85	4.67	12.93
0.855	4.74	13
0.86	4.8	11
0.865	4.85	11
0.87	4.91	12
0.875	4.97	14
0.88	5.05	22
0.885	5.19	20
0.89	5.25	9
0.895	5.28	9
0.9	5.34	10
0.905	5.38	8
0.91	5.42	11
0.915	5.49	12
0.92	5.54	13
0.925	5.62	25
0.93	5.79	34
0.935	5.96	44
0.94	6.23	45
0.945	6.41	55
0.95	6.78	54
0.955	6.95	33
0.96	7.11	33
0.965	7.28	37
0.97	7.48	36
0.975	7.64	22
0.98	7.7	38
0.985	8.02	63
0.99	8.33	62
0.995	8.64	53
1	8.86	46
1.005	9.1	38
1.01	9.24	24
1.015	9.34	19
1.02	9.43	15
1.025	9.49	10
1.03	9.53	7
1.035	9.56	7
1.04	9.6	9
1.045	9.65	7
1.05	9.67	3
1.055	9.68	5
1.06	9.72	7
1.065	9.75	6
1.07	9.78	5.99

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1071 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 51 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2159 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	26.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0019 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.066 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.37
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.69
Total wt% ของ H_2O_2	32.06

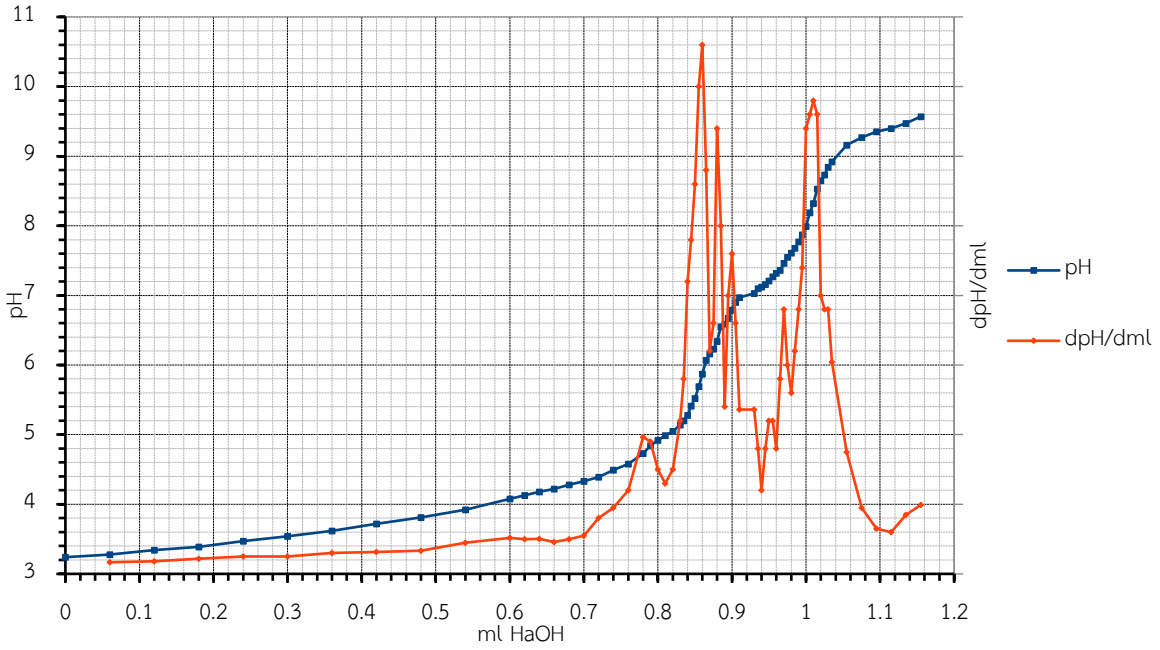
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 53 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	3.09	
0.02	3.11	1.75
0.04	3.16	1.75
0.06	3.18	1
0.08	3.2	1
0.13	3.25	1.2
0.18	3.32	1.4
0.23	3.39	1.4
0.28	3.46	1.4
0.33	3.53	1.4
0.38	3.6	1.5
0.43	3.68	1.6
0.48	3.76	1.7
0.53	3.85	2
0.58	3.96	2.1
0.63	4.06	2.1
0.68	4.17	2.6
0.73	4.32	3.9
0.78	4.56	3.3
0.79	4.59	2
0.8	4.6	2.5
0.81	4.64	3.5
0.82	4.67	4
0.83	4.72	5
0.84	4.77	4.5
0.85	4.81	5.5
0.86	4.88	6
0.87	4.93	8
0.88	5.04	9
0.885	5.08	10
0.89	5.14	14
0.895	5.22	18
0.9	5.32	24
0.905	5.46	24
0.91	5.56	14
0.915	5.6	16
0.92	5.72	27
0.925	5.87	26
0.93	5.98	25
0.935	6.12	35
0.94	6.33	30
0.945	6.42	20
0.95	6.53	14
0.955	6.56	13
0.96	6.66	21
0.965	6.77	14
0.97	6.8	8
0.975	6.85	11
0.98	6.91	15
0.985	7	13
0.99	7.04	13
0.995	7.13	13
1	7.17	10
1.005	7.23	12
1.01	7.29	8
1.015	7.31	10
1.02	7.39	14
1.025	7.45	16
1.03	7.55	22
1.035	7.67	18
1.04	7.73	17
1.045	7.84	34
1.05	8.07	41
1.055	8.25	30
1.06	8.37	32
1.065	8.57	33
1.07	8.7	24
1.075	8.81	20
1.08	8.9	13
1.085	8.94	9
1.09	8.99	8
1.095	9.02	10
1.1	9.09	13
1.12	9.27	6.75
1.14	9.36	3.5
1.16	9.41	2.25
1.18	9.45	2.13
1.24	9.6	2
1.3	9.69	1.5
1.36	9.78	2.42
1.42	9.98	2.92
1.48	10.13	2.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0984 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 52 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1685 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0015 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.050 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.96
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.31
Total wt% ของ H_2O_2	32.28

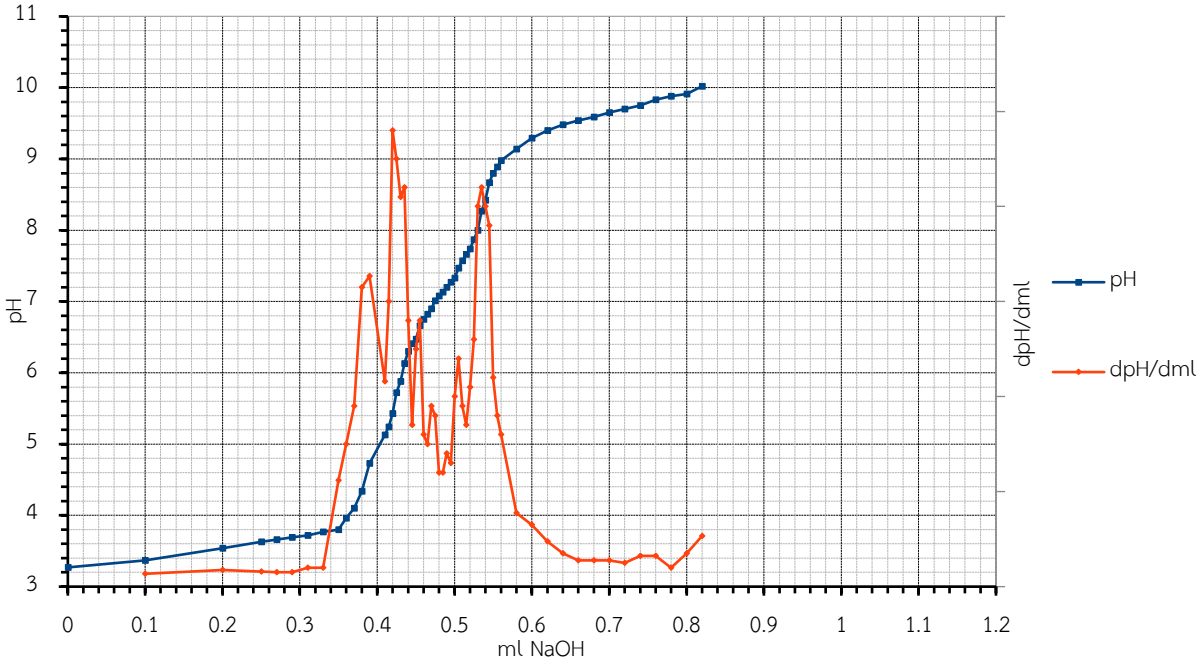
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 54 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	3.24	
0.06	3.28	0.83
0.12	3.34	0.92
0.18	3.39	1.08
0.24	3.47	1.25
0.3	3.54	1.25
0.36	3.62	1.5
0.42	3.72	1.58
0.48	3.81	1.67
0.54	3.92	2.25
0.6	4.08	2.60
0.62	4.13	2.5
0.64	4.18	2.525
0.66	4.22	2.275
0.68	4.28	2.5
0.7	4.33	2.75
0.72	4.39	4
0.74	4.49	4.75
0.76	4.58	6
0.78	4.73	9.83
0.79	4.84	9.5
0.8	4.92	7.5
0.81	4.99	6.5
0.82	5.05	7.5
0.83	5.14	11
0.835	5.2	14
0.84	5.28	21
0.845	5.41	24
0.85	5.52	28
0.855	5.69	35
0.86	5.87	38
0.865	6.07	29
0.87	6.16	16
0.875	6.23	18
0.88	6.34	32
0.885	6.55	25
0.89	6.59	12
0.895	6.67	20
0.9	6.79	23
0.905	6.9	18
0.91	6.97	11.8
0.93	7.03	11.8
0.935	7.1	9
0.94	7.12	6
0.945	7.16	9
0.95	7.21	11
0.955	7.27	11
0.96	7.32	9
0.965	7.36	14
0.97	7.46	19
0.975	7.55	15
0.98	7.61	13
0.985	7.68	16
0.99	7.77	19
0.995	7.87	22
1	7.99	32
1.005	8.19	33
1.01	8.32	34
1.015	8.53	33
1.02	8.65	20
1.025	8.73	19
1.03	8.84	19
1.035	8.92	15.2
1.055	9.16	8.75
1.075	9.27	4.75
1.095	9.35	3.25
1.115	9.4	3
1.135	9.47	4.25
1.155	9.57	4.94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0765 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 53 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2279 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0019 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.067 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.53
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.36
Total wt% ของ H_2O_2	31.89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 55 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	3.27	
0.1	3.37	1.35
0.2	3.54	1.77
0.25	3.63	1.59
0.27	3.66	1.5
0.29	3.69	1.5
0.31	3.72	2
0.33	3.77	2
0.35	3.8	11.17
0.36	3.96	15
0.37	4.1	19
0.38	4.34	31.5
0.39	4.73	32.67
0.41	5.13	21.6
0.415	5.24	30
0.42	5.43	48
0.425	5.72	45
0.43	5.88	41
0.435	6.13	42
0.44	6.3	28
0.445	6.41	17
0.45	6.47	25
0.455	6.66	28
0.46	6.75	16
0.465	6.82	15
0.47	6.9	19
0.475	7.01	18
0.48	7.08	12

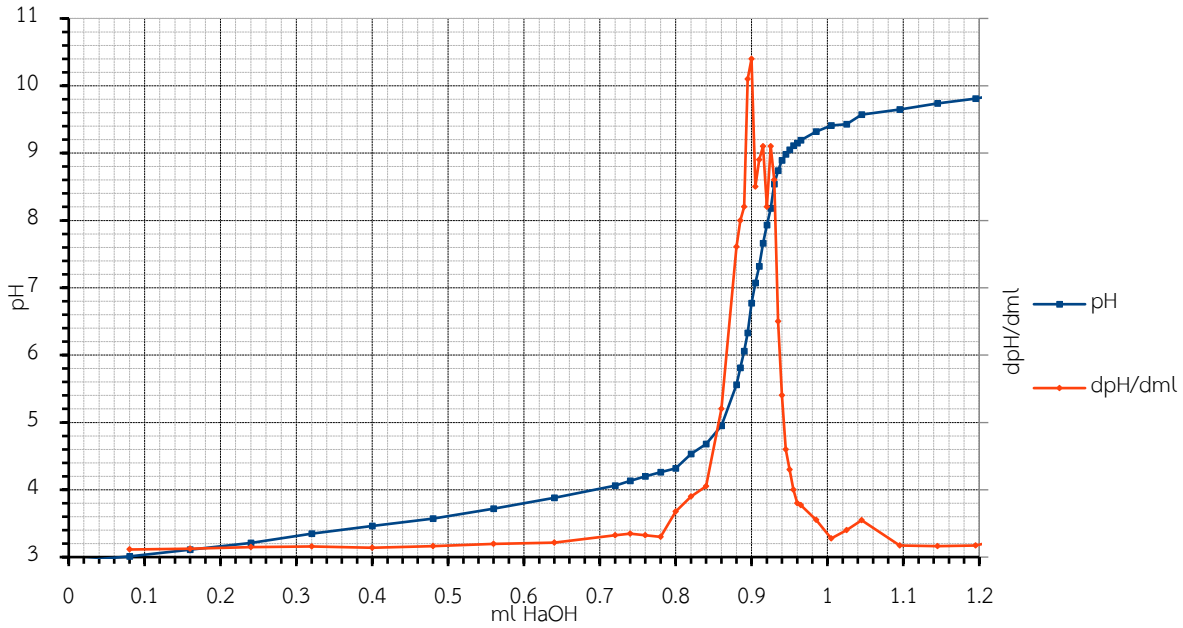
ml	pH	dpH/dml
0.485	7.13	12
0.49	7.2	14
0.495	7.27	13
0.5	7.33	20
0.505	7.47	24
0.51	7.57	19
0.515	7.66	17
0.52	7.74	21
0.525	7.87	26
0.53	8	40
0.535	8.27	42
0.54	8.42	40
0.545	8.67	38
0.55	8.8	22
0.555	8.89	18
0.56	8.98	16
0.58	9.14	7.75
0.6	9.29	6.5
0.62	9.4	4.75
0.64	9.48	3.5
0.66	9.54	2.75
0.68	9.59	2.75
0.7	9.65	2.75
0.72	9.7	2.5
0.74	9.75	3.25
0.76	9.83	3.25
0.78	9.88	2
0.8	9.91	3.5

ml	pH	dpH/dml
0.82	10.02	5.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์0.1 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.102 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 54 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2326 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0423 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0423 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.19
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.694
Total wt% ของ H_2O_2	18.89

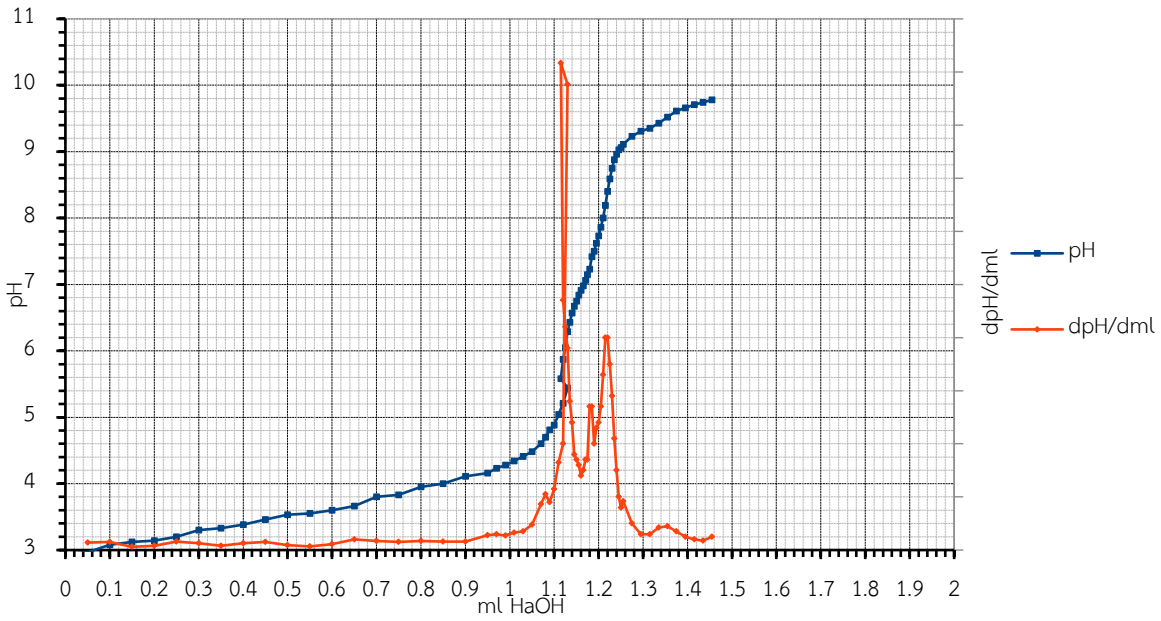
ตาราง ช. 56 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	2.93	
0.08	3.01	1.13
0.16	3.11	1.25
0.24	3.21	1.50
0.32	3.35	1.56
0.4	3.46	1.38
0.48	3.57	1.63
0.56	3.72	1.94
0.64	3.88	2.12
0.72	4.06	3.25
0.74	4.13	3.50
0.76	4.2	3.25
0.78	4.26	3.00
0.8	4.32	6.75
0.82	4.53	9.00
0.84	4.68	10.50
0.86	4.95	22.00
0.88	5.56	46.10
0.885	5.81	50.00
0.89	6.06	52.00
0.895	6.33	71.00
0.9	6.77	74.00
0.905	7.07	55.00
0.91	7.32	59.00
0.915	7.66	61.00
0.92	7.93	52.00
0.925	8.18	61.00
0.93	8.54	56.00

ml	pH	dpH/dml
0.935	8.74	35.00
0.94	8.89	24.00
0.945	8.98	16.00
0.95	9.05	13.00
0.955	9.11	10.00
0.96	9.15	8.00
0.965	9.19	7.70
0.985	9.32	5.50
1.005	9.41	2.75
1.025	9.43	4.00
1.045	9.57	5.46
1.095	9.65	1.70
1.145	9.74	1.60
1.195	9.81	1.70
1.245	9.91	3.00
1.295	10.11	3.85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1083 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 55 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

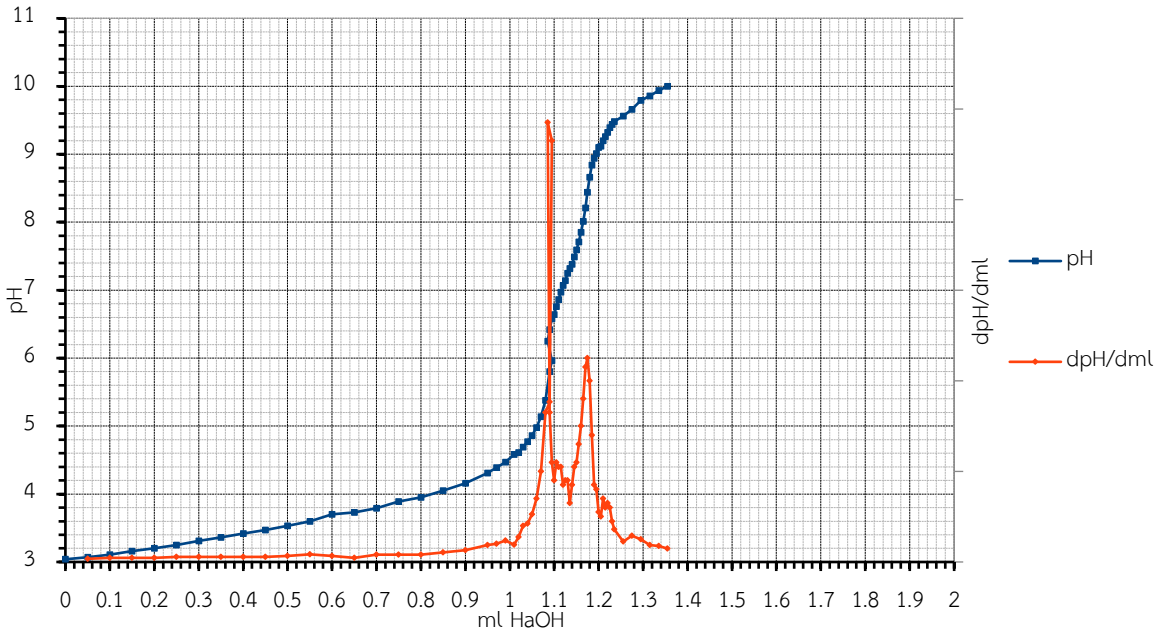
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.221 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.013 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0433 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.59
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.45
Total wt% ของ H_2O_2	21.04

ตาราง ช. 57 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	2.94	
0.05	2.97	1.40
0.1	3.08	1.50
0.15	3.12	0.60
0.2	3.14	0.80
0.25	3.2	1.60
0.3	3.3	1.30
0.35	3.33	0.80
0.4	3.38	1.30
0.45	3.46	1.50
0.5	3.53	0.90
0.55	3.55	0.70
0.6	3.6	1.10
0.65	3.66	2.00
0.7	3.8	1.70
0.75	3.83	1.50
0.8	3.95	1.70
0.85	4	1.60
0.9	4.11	1.60
0.95	4.16	2.79
0.97	4.23	3.00
0.99	4.28	2.75
1.01	4.34	3.25
1.03	4.41	3.50
1.05	4.48	4.75
1.07	4.6	8.67
1.08	4.7	10.50
1.09	4.81	9.00
1.1	4.88	11.50
1.11	5.04	16.50
1.12	5.21	20.00
1.13	5.44	87.67
1.115	5.58	91.67
1.12	5.87	47.00
1.125	6.05	42.00
1.13	6.29	38.00
1.135	6.43	28.00
1.14	6.57	24.00
1.145	6.67	18.00
1.15	6.75	17.00
1.155	6.84	16.00
1.16	6.91	14.00
1.165	6.98	15.00
1.17	7.06	17.00
1.175	7.15	17.00
1.18	7.23	27.00
1.185	7.42	27.00
1.19	7.5	20.00
1.195	7.62	23.00
1.2	7.73	24.00
1.205	7.86	27.00
1.21	8	33.00
1.215	8.19	40.00
1.22	8.4	40.00
1.225	8.59	35.00
1.23	8.75	29.00
1.235	8.88	21.00
1.24	8.96	15.00
1.245	9.03	10.00
1.25	9.06	8.00
1.255	9.11	9.20
1.275	9.23	5.00
1.295	9.31	3.00
1.315	9.35	3.00
1.335	9.43	4.25
1.355	9.52	4.50
1.375	9.61	3.50
1.395	9.66	2.50
1.415	9.71	2.00
1.435	9.74	1.75
1.455	9.78	2.50
1.475	9.84	3.00
1.495	9.9	2.75
1.515	9.95	4.00
1.535	10.06	5.49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0962 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 56 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

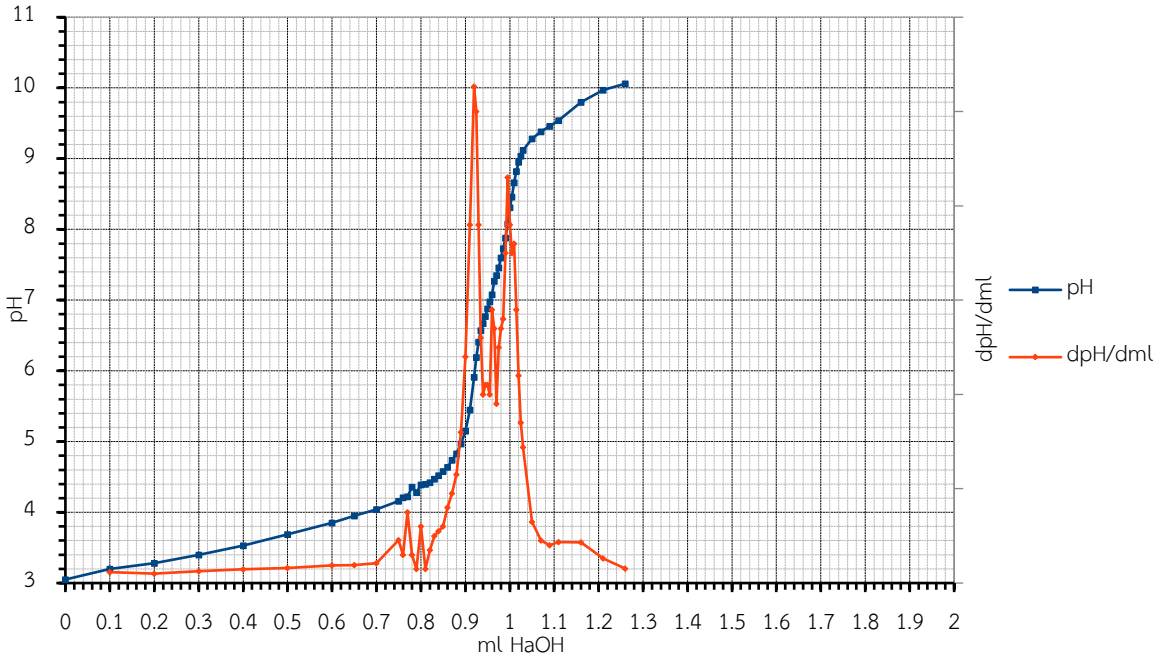
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2142 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0416 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.41
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.22
Total wt% ของ H_2O_2	20.63

ตาราง ช. 58 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	3.04	
0.05	3.07	0.70
0.1	3.11	0.90
0.15	3.16	0.90
0.2	3.2	0.90
0.25	3.25	1.10
0.3	3.31	1.10
0.35	3.36	1.10
0.4	3.42	1.10
0.45	3.47	1.10
0.5	3.53	1.30
0.55	3.6	1.70
0.6	3.7	1.30
0.65	3.73	0.90
0.7	3.79	1.60
0.75	3.89	1.60
0.8	3.95	1.60
0.85	4.05	2.10
0.9	4.16	2.60
0.95	4.31	3.71
0.97	4.39	4.00
0.99	4.47	4.75
1.01	4.58	3.83
1.02	4.61	5.50
1.03	4.69	8.00
1.04	4.77	8.50
1.05	4.86	10.50
1.06	4.98	14.00
1.07	5.14	20.00
1.08	5.38	33.00
1.09	5.8	35.33
1.095	5.96	93.00
1.085	6.25	97.00
1.09	6.42	33.00
1.095	6.58	22.00
1.1	6.64	18.00
1.105	6.76	22.00
1.11	6.86	21.00
1.115	6.97	21.00
1.12	7.07	17.00
1.125	7.14	18.00
1.13	7.25	18.00
1.135	7.32	13.00
1.14	7.38	17.00
1.145	7.49	21.00
1.15	7.59	22.00
1.155	7.71	26.00
1.16	7.85	30.00
1.165	8.01	36.00
1.17	8.21	43.00
1.175	8.44	45.00
1.18	8.66	40.00
1.185	8.84	28.00
1.19	8.94	17.00
1.195	9.01	16.00
1.2	9.1	11.00
1.205	9.12	10.00
1.21	9.2	14.00
1.215	9.26	12.00
1.22	9.32	13.00
1.225	9.39	12.00
1.23	9.44	9.00
1.235	9.48	7.20
1.255	9.56	4.50
1.275	9.66	5.75
1.295	9.79	5.00
1.315	9.86	3.75
1.335	9.94	3.50
1.355	10	2.93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0855 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 57 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1917 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0011 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0367 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.10
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.37
Total wt% ของ H_2O_2	20.48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

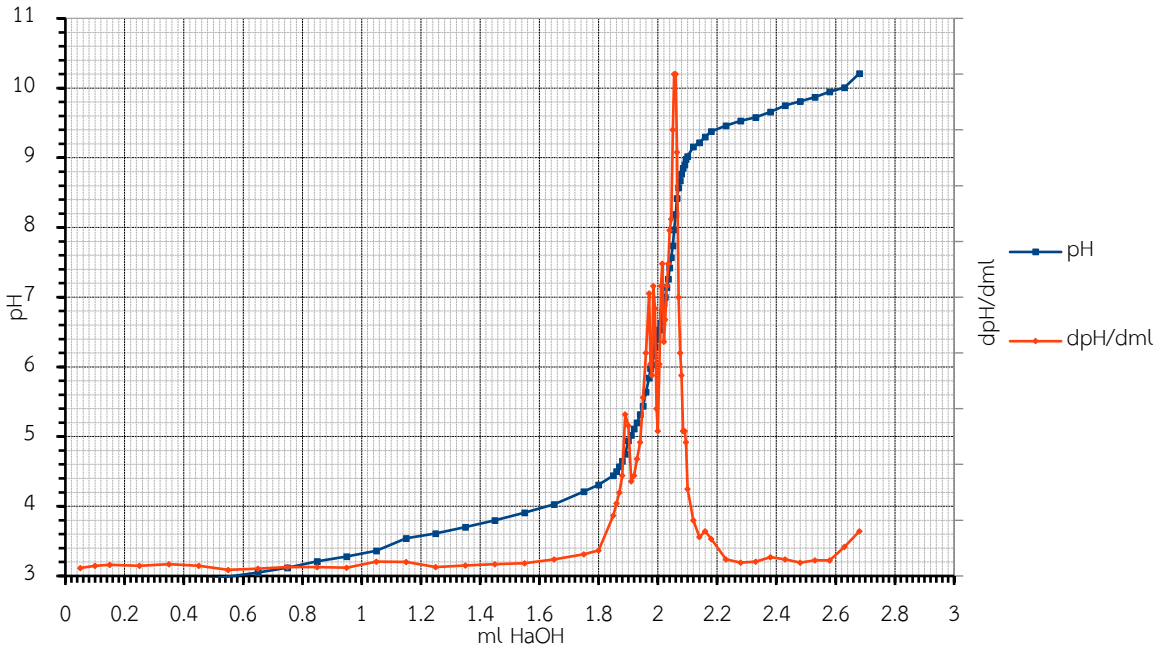
ตาราง ช. 59 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	3.05	
0.1	3.2	1.15
0.2	3.28	1.00
0.3	3.4	1.25
0.4	3.53	1.45
0.5	3.69	1.60
0.6	3.85	1.87
0.65	3.95	1.90
0.7	4.04	2.10
0.75	4.16	4.57
0.76	4.21	3.00
0.77	4.22	7.50
0.78	4.36	3.00
0.79	4.28	1.50
0.8	4.39	6.00
0.81	4.4	1.50
0.82	4.42	3.50
0.83	4.47	5.00
0.84	4.52	5.50
0.85	4.58	6.00
0.86	4.64	8.00
0.87	4.74	9.50
0.88	4.83	11.50
0.89	4.97	16.00
0.9	5.15	24.00
0.91	5.45	38.00
0.92	5.91	52.67
0.925	6.19	50.00

ml	pH	dpH/dml
0.93	6.41	38.00
0.935	6.57	26.00
0.94	6.67	20.00
0.945	6.77	21.00
0.95	6.88	21.00
0.955	6.98	20.00
0.96	7.08	29.00
0.965	7.27	27.00
0.97	7.35	19.00
0.975	7.46	25.00
0.98	7.6	27.00
0.985	7.73	28.00
0.99	7.88	35.00
0.995	8.08	43.00
1	8.31	38.00
1.005	8.46	35.00
1.01	8.66	36.00
1.015	8.82	29.00
1.02	8.95	22.00
1.025	9.04	17.00
1.03	9.12	14.40
1.05	9.28	6.50
1.07	9.38	4.50
1.09	9.46	4.00
1.11	9.54	4.34
1.16	9.8	4.30
1.21	9.97	2.60
1.26	10.06	1.54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.26259 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 58 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2121 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	8.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0006 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.022 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	10.38
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.56
Total wt% ของ H_2O_2	10.95

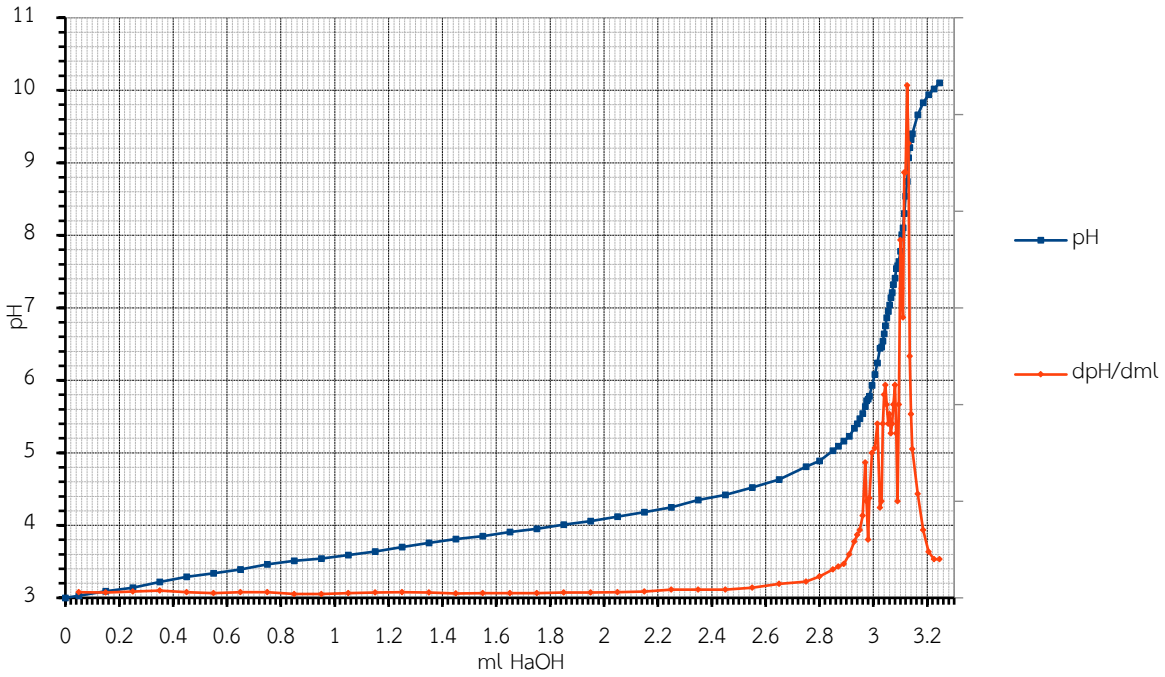
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 60 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	2.51	
0.05	2.54	0.70
0.1	2.58	0.90
0.15	2.63	1.00
0.25	2.73	0.90
0.35	2.81	1.05
0.45	2.94	0.90
0.55	2.99	0.55
0.65	3.05	0.65
0.75	3.12	0.80
0.85	3.21	0.80
0.95	3.28	0.75
1.05	3.36	1.30
1.15	3.54	1.25
1.25	3.61	0.80
1.35	3.7	0.95
1.45	3.8	1.05
1.55	3.91	1.15
1.65	4.03	1.50
1.75	4.21	1.93
1.8	4.31	2.30
1.85	4.44	5.43
1.86	4.5	6.50
1.87	4.57	7.50
1.88	4.65	9.00
1.89	4.75	14.50
1.9	4.94	13.50
1.91	5.02	8.50
1.92	5.11	9.00
1.93	5.2	10.50
1.94	5.32	12.00
1.95	5.44	16.00
1.96	5.64	20.00
1.97	5.84	25.33
1.975	5.98	19.00
1.98	6.03	18.00
1.985	6.16	26.00
1.99	6.29	24.00
1.995	6.4	15.00
2	6.44	13.00
2.005	6.53	19.00
2.01	6.63	26.00
2.015	6.79	28.00
2.02	6.91	21.00
2.025	7	23.00
2.03	7.14	26.00
2.035	7.26	28.00
2.04	7.42	31.00
2.045	7.57	32.00
2.05	7.74	40.00
2.055	7.97	45.00
2.06	8.19	45.00
2.065	8.42	38.00
2.07	8.57	25.00
2.075	8.67	20.00
2.08	8.77	18.00
2.085	8.85	13.00
2.09	8.9	13.00
2.095	8.98	12.00
2.1	9.02	7.80
2.12	9.16	5.00
2.14	9.22	3.50
2.16	9.3	4.00
2.18	9.38	3.31
2.23	9.46	1.50
2.28	9.53	1.20
2.33	9.58	1.30
2.38	9.66	1.70
2.43	9.75	1.50
2.48	9.81	1.20
2.53	9.87	1.40
2.58	9.95	1.40
2.63	10.01	2.60
2.68	10.21	4.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4193 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 59 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2039 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.005 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.016 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	7.89
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.53
Total wt% ของ H_2O_2	8.41

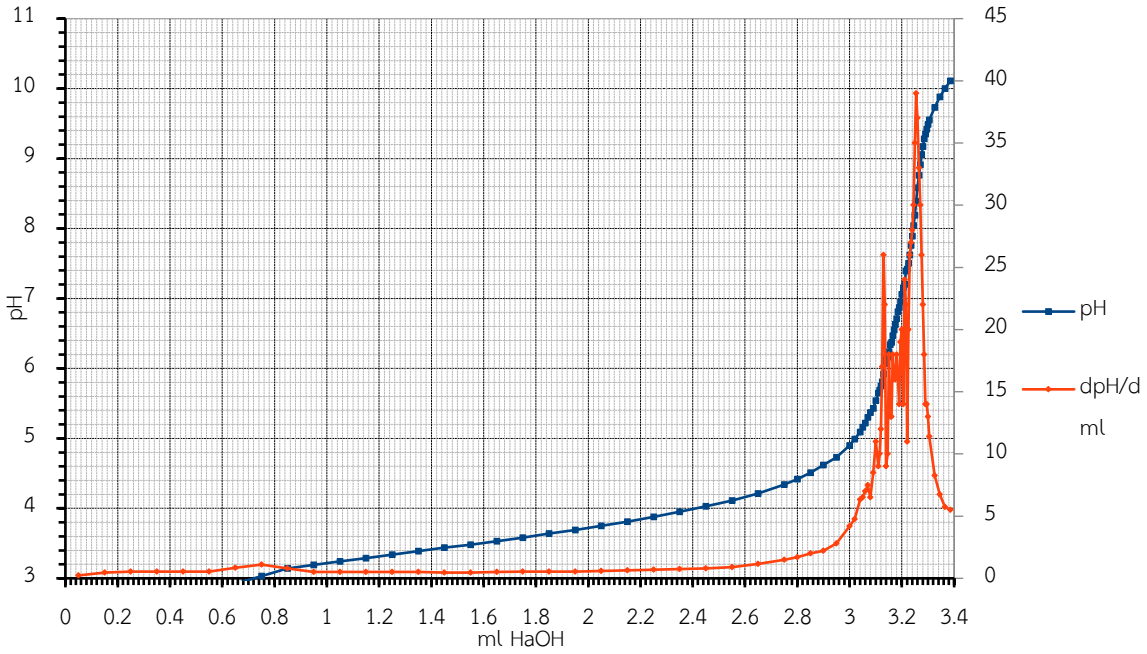
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 61 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	3	
0.05	3.03	0.60
0.15	3.09	0.55
0.25	3.14	0.65
0.35	3.22	0.75
0.45	3.29	0.60
0.55	3.34	0.50
0.65	3.39	0.60
0.75	3.46	0.60
0.85	3.51	0.40
0.95	3.54	0.40
1.05	3.59	0.50
1.15	3.64	0.55
1.25	3.7	0.60
1.35	3.76	0.55
1.45	3.81	0.45
1.55	3.85	0.50
1.65	3.91	0.50
1.75	3.95	0.50
1.85	4.01	0.55
1.95	4.06	0.55
2.05	4.12	0.60
2.15	4.18	0.65
2.25	4.25	0.85
2.35	4.35	0.85
2.45	4.42	0.85
2.55	4.52	1.05
2.65	4.63	1.45
2.75	4.81	1.67
2.8	4.89	2.20
2.85	5.03	2.94
2.87	5.09	3.25
2.89	5.16	3.50
2.91	5.23	4.50
2.93	5.34	5.83
2.94	5.4	6.50
2.95	5.47	7.00
2.96	5.54	8.50
2.97	5.64	14.00
2.975	5.72	10.00
2.98	5.74	6.00
2.985	5.78	10.33
2.995	5.93	15.00
3.005	6.08	15.50
3.015	6.24	18.00
3.025	6.44	9.33
3.03	6.46	10.00
3.035	6.54	18.00
3.04	6.64	21.00
3.045	6.75	22.00
3.05	6.86	20.00
3.055	6.95	18.00
3.06	7.04	19.00
3.065	7.14	17.00
3.07	7.21	18.00
3.075	7.32	20.00
3.08	7.41	22.00
3.085	7.54	17.00
3.09	7.58	10.00
3.095	7.64	20.00
3.1	7.78	37.00
3.105	8.01	32.00
3.11	8.1	29.00
3.115	8.3	44.00
3.12	8.54	44.00
3.125	8.74	53.00
3.13	9.07	47.00
3.135	9.21	25.00
3.14	9.32	19.00
3.145	9.4	15.40
3.165	9.66	10.75
3.185	9.83	7.00
3.205	9.94	4.75
3.225	10.02	4.00
3.245	10.1	4.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5087 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 60 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2119 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0003 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.012 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.8
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.38
Total wt% ของ H_2O_2	6.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

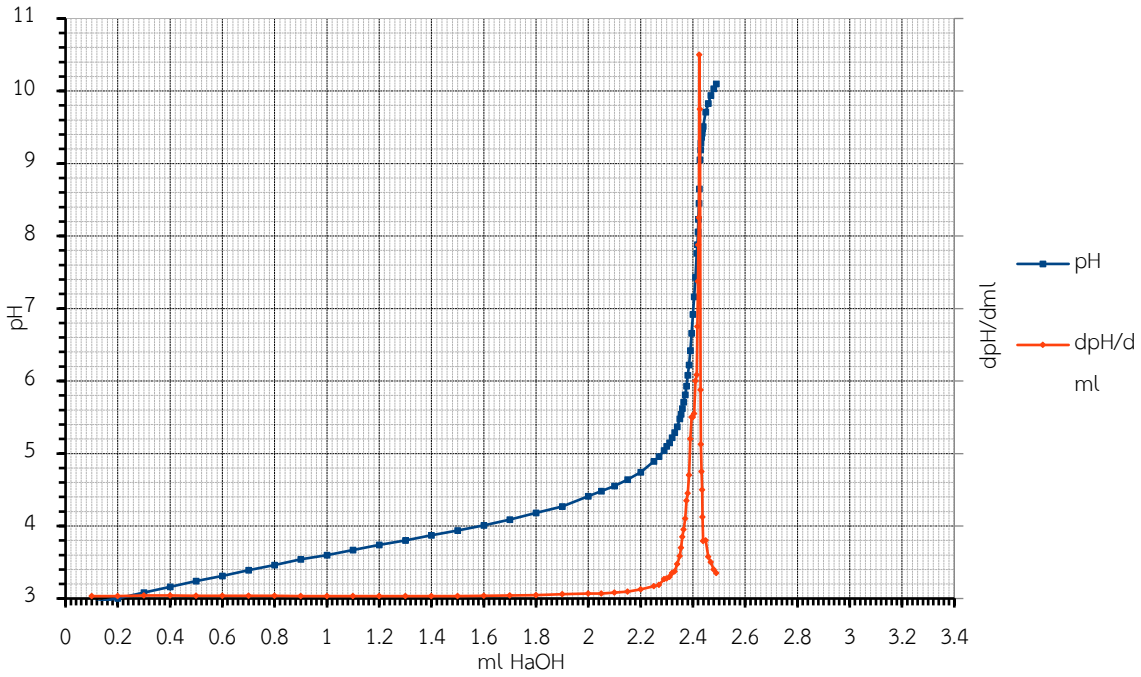
ตาราง ช. 62 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	2.6	
0.05	2.61	0.23
0.15	2.64	0.45
0.25	2.7	0.55
0.35	2.75	0.55
0.45	2.81	0.55
0.55	2.86	0.55
0.65	2.92	0.85
0.75	3.03	1.10
0.85	3.14	0.80
0.95	3.19	0.50
1.05	3.24	0.50
1.15	3.29	0.50
1.25	3.34	0.50
1.35	3.39	0.50
1.45	3.44	0.45
1.55	3.48	0.45
1.65	3.53	0.50
1.75	3.58	0.55
1.85	3.64	0.55
1.95	3.69	0.55
2.05	3.75	0.60
2.15	3.81	0.65
2.25	3.88	0.70
2.35	3.95	0.75
2.45	4.03	0.80
2.55	4.11	0.90
2.65	4.21	1.15
2.75	4.34	1.50
2.8	4.42	1.70
2.85	4.51	2.00
2.9	4.62	2.20
2.95	4.73	2.80
3	4.9	4.19
3.02	4.99	4.75
3.04	5.09	6.33
3.05	5.16	6.50
3.06	5.22	7.00
3.07	5.3	7.50
3.08	5.37	6.50
3.09	5.43	8.50
3.1	5.54	11.00
3.11	5.65	9.00
3.115	5.69	10.00
3.12	5.75	12.00
3.125	5.81	17.00
3.13	5.92	26.00
3.135	6.07	22.00
3.14	6.14	9.00
3.145	6.16	10.00
3.15	6.24	18.00
3.155	6.34	13.00
3.16	6.37	13.00
3.165	6.47	18.00
3.17	6.55	16.00
3.175	6.63	16.00
3.18	6.71	18.00
3.185	6.81	16.00
3.19	6.87	14.00
3.195	6.95	19.00
3.2	7.06	20.00
3.205	7.15	14.00
3.21	7.2	24.00
3.215	7.39	22.00
3.22	7.42	11.00
3.225	7.5	20.00
3.23	7.62	26.00
3.235	7.76	27.00
3.24	7.89	28.00
3.245	8.04	30.00
3.25	8.19	35.00
3.255	8.39	39.00
3.26	8.58	37.00
3.265	8.76	33.00
3.27	8.91	30.00
3.275	9.06	26.00
3.28	9.17	22.00
3.285	9.28	18.00
3.29	9.35	14.00
3.295	9.42	14.00
3.3	9.49	13.00
3.305	9.55	11.40
3.325	9.73	8.25
3.345	9.88	6.75
3.365	10	5.75
3.385	10.11	5.51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด 0.403 g

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.4622 M



รูป ช. 61 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 5

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2087 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	3.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0002 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.009 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	4.5
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.23
Total wt% ของ H_2O_2	4.74

ตาราง ช. 63 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 5

ml	pH	dpH/dml
0	2.87	
0.1	2.94	0.65
0.2	3	0.70
0.3	3.08	0.80
0.4	3.16	0.80
0.5	3.24	0.75
0.6	3.31	0.75
0.7	3.39	0.75
0.8	3.46	0.75
0.9	3.54	0.70
1	3.6	0.65
1.1	3.67	0.70
1.2	3.74	0.65
1.3	3.8	0.65
1.4	3.87	0.70
1.5	3.94	0.70
1.6	4.01	0.75
1.7	4.09	0.85
1.8	4.18	0.90
1.9	4.27	1.15
2	4.41	1.40
2.05	4.48	1.40
2.1	4.55	1.60
2.15	4.64	1.90
2.2	4.74	2.50
2.25	4.89	3.36
2.27	4.96	3.75
2.29	5.04	5.33

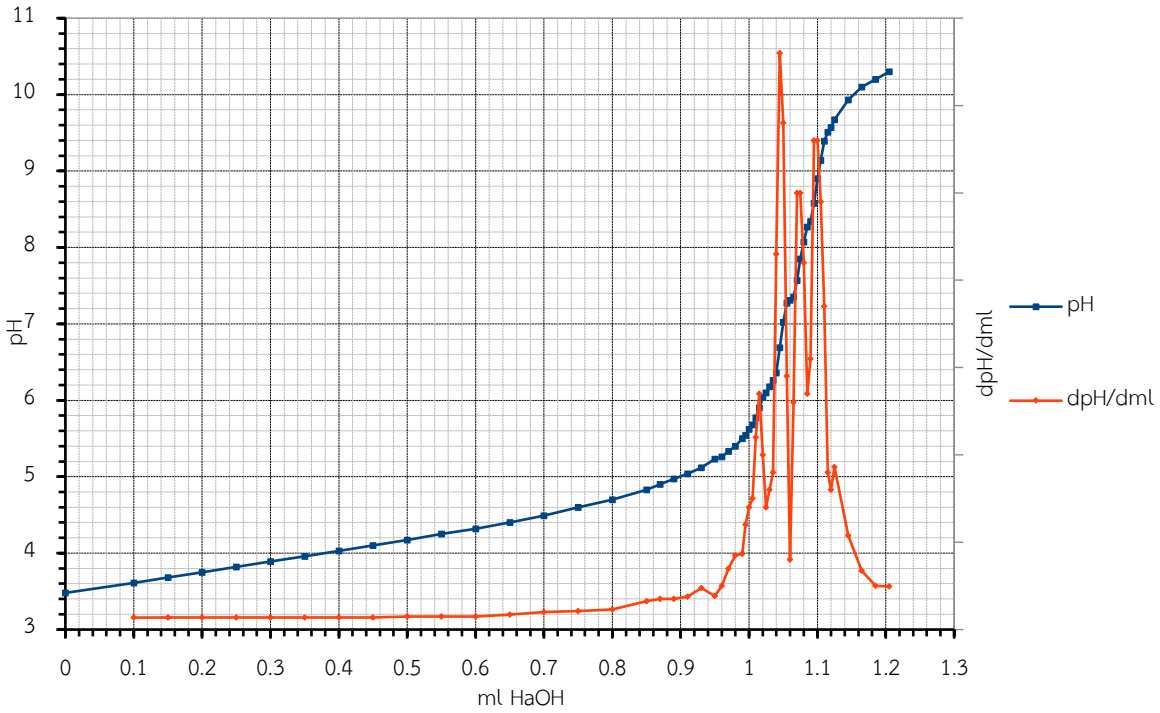
ml	pH	dpH/dml
2.3	5.1	5.50
2.31	5.15	6.00
2.32	5.22	7.00
2.33	5.29	7.50
2.34	5.37	9.50
2.35	5.48	11.67
2.355	5.54	14.00
2.36	5.62	17.00
2.365	5.71	19.00
2.37	5.81	22.00
2.375	5.93	27.00
2.38	6.08	29.00
2.385	6.22	34.00
2.39	6.42	44.00
2.395	6.66	50.00
2.4	6.92	50.00
2.405	7.16	51.00
2.41	7.43	60.00
2.415	7.76	61.71
2.417	7.88	75.00
2.419	8.06	87.50
2.421	8.23	97.50
2.423	8.45	105.00
2.425	8.65	150.00
2.427	9.05	135.00
2.429	9.19	57.50
2.431	9.28	42.50
2.433	9.36	35.00

ml	pH	dpH/dml
2.435	9.42	30.00
2.437	9.48	22.50
2.439	9.51	15.83
2.449	9.71	16.00
2.459	9.83	11.50
2.469	9.94	10.00
2.479	10.03	8.00
2.489	10.1	7.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยไนไตรท์ 0.1 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1039 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 62 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

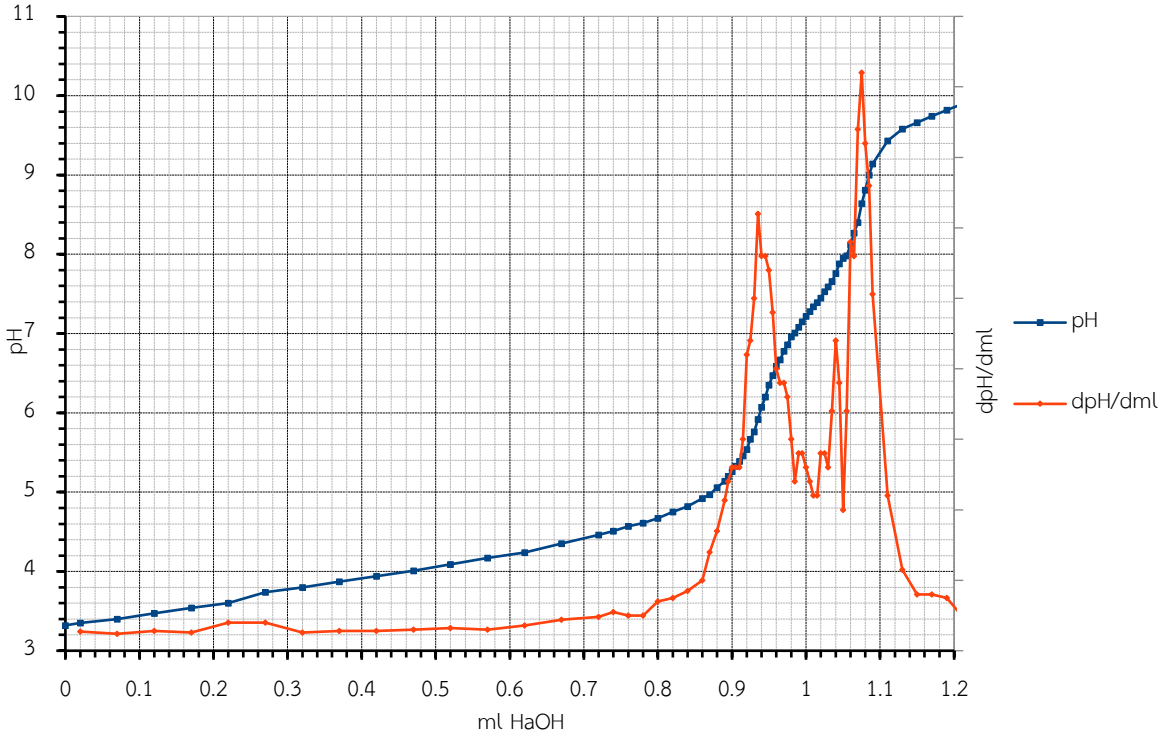
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1925 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0017 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0576 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.95
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.53
Total wt% ของ H_2O_2	30.48

ตาราง ช. 64 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	3.48	
0.1	3.61	1.37
0.15	3.68	1.40
0.2	3.75	1.40
0.25	3.82	1.40
0.3	3.89	1.40
0.35	3.96	1.40
0.4	4.03	1.40
0.45	4.1	1.40
0.5	4.17	1.50
0.55	4.25	1.50
0.6	4.32	1.50
0.65	4.4	1.70
0.7	4.49	2.00
0.75	4.6	2.10
0.8	4.7	2.30
0.85	4.83	3.24
0.87	4.9	3.50
0.89	4.97	3.50
0.91	5.04	3.75
0.93	5.12	4.75
0.95	5.23	3.83
0.96	5.26	5.00
0.97	5.33	7.00
0.98	5.4	8.50
0.99	5.5	8.67
0.995	5.54	12.00
1	5.62	14.00
1.005	5.68	15.00
1.01	5.77	22.00
1.015	5.9	27.00
1.02	6.04	20.00
1.025	6.1	14.00
1.03	6.18	16.00
1.035	6.26	18.00
1.04	6.36	43.00
1.045	6.69	66.00
1.05	7.02	58.00
1.055	7.27	29.00
1.06	7.31	8.00
1.065	7.35	26.00
1.07	7.57	50.00
1.075	7.85	50.00
1.08	8.07	42.00
1.085	8.27	27.00
1.09	8.34	31.00
1.095	8.58	56.00
1.1	8.9	56.00
1.105	9.14	49.00
1.11	9.39	37.00
1.115	9.51	18.00
1.12	9.57	16.00
1.125	9.67	18.60
1.145	9.93	10.75
1.165	10.1	6.75
1.185	10.2	5.00
1.205	10.3	4.94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1052 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 63 *กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

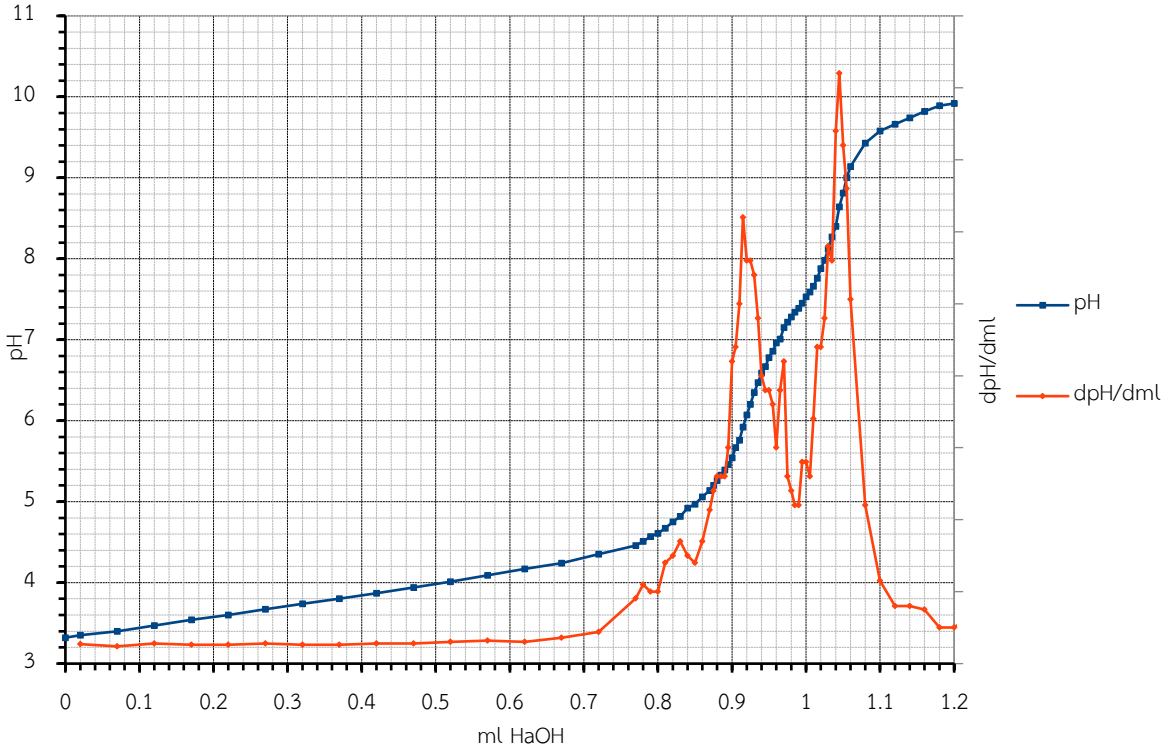
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2012 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0017 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05882 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.27
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.72
Total wt% ของ H_2O_2	30.99

ตาราง ช. 65 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	3.32	
0.02	3.35	1.36
0.07	3.4	1.20
0.12	3.47	1.40
0.17	3.54	1.30
0.22	3.6	2.00
0.27	3.74	2.00
0.32	3.8	1.30
0.37	3.87	1.40
0.42	3.94	1.40
0.47	4.01	1.50
0.52	4.09	1.60
0.57	4.17	1.50
0.62	4.24	1.80
0.67	4.35	2.20
0.72	4.46	2.41
0.74	4.51	2.75
0.76	4.57	2.50
0.78	4.61	2.50
0.8	4.67	3.50
0.82	4.75	3.75
0.84	4.82	4.25
0.86	4.92	5.00
0.87	4.97	7.00
0.88	5.06	8.50
0.89	5.14	10.67
0.895	5.2	12.00
0.9	5.26	13.00
0.905	5.33	13.00
0.91	5.39	13.00
0.915	5.46	15.00
0.92	5.54	21.00
0.925	5.67	22.00
0.93	5.76	25.00
0.935	5.92	31.00
0.94	6.07	28.00
0.945	6.2	28.00
0.95	6.35	27.00
0.955	6.47	24.00
0.96	6.59	20.00
0.965	6.67	19.00
0.97	6.78	19.00
0.975	6.86	18.00
0.98	6.96	15.00
0.985	7.01	12.00
0.99	7.08	14.00
0.995	7.15	14.00
1	7.22	13.00
1.005	7.28	12.00
1.01	7.34	11.00
1.015	7.39	11.00
1.02	7.45	14.00
1.025	7.53	14.00
1.03	7.59	13.00
1.035	7.66	17.00
1.04	7.76	22.00
1.045	7.88	19.00
1.05	7.95	10.00
1.055	7.98	17.00
1.06	8.12	29.00
1.065	8.27	28.00
1.07	8.4	37.00
1.075	8.64	41.00
1.08	8.81	36.00
1.085	9	33.00
1.09	9.14	25.30
1.11	9.43	11.00
1.13	9.58	5.75
1.15	9.66	4.00
1.17	9.74	4.00
1.19	9.82	3.75
1.21	9.89	2.50
1.23	9.92	2.50
1.25	9.99	3.25
1.27	10.05	2.50
1.29	10.09	1.91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.08 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 64 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

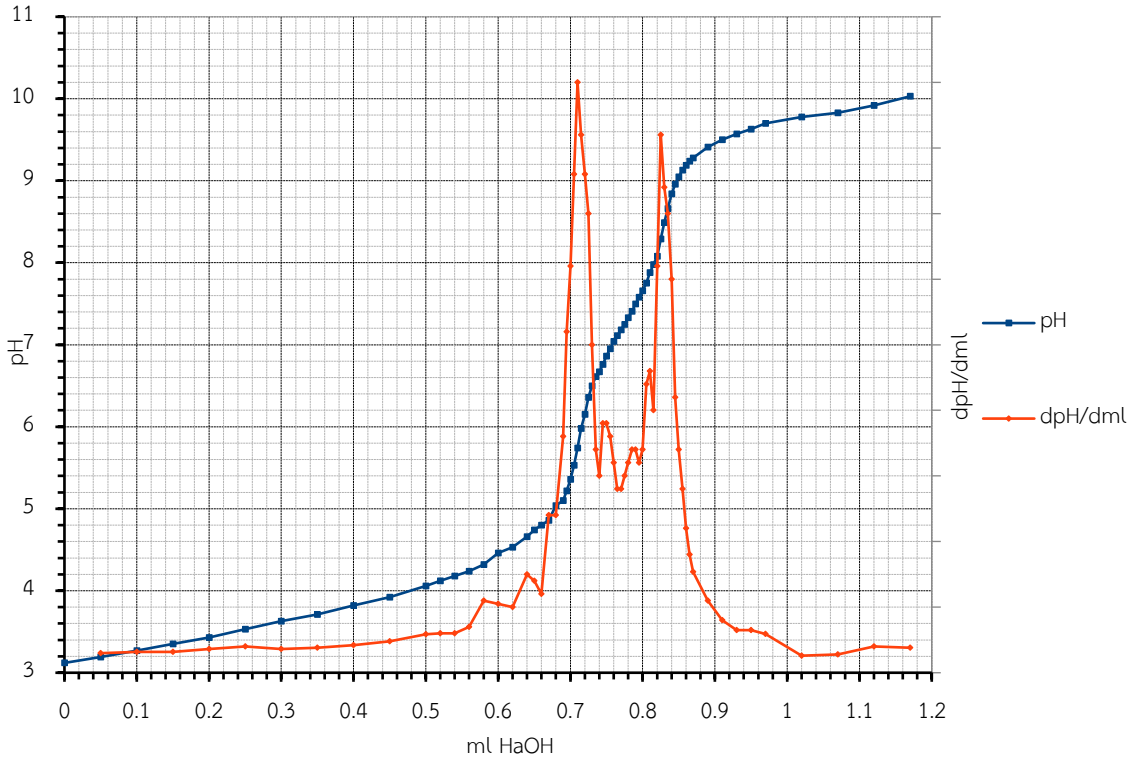
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1638 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.047 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.7
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.77
Total wt% ของ H_2O_2	30.47

ตาราง ช. 66 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	3.32	
0.02	3.35	1.36
0.07	3.4	1.20
0.12	3.47	1.40
0.17	3.54	1.30
0.22	3.6	1.30
0.27	3.67	1.40
0.32	3.74	1.30
0.37	3.8	1.30
0.42	3.87	1.40
0.47	3.94	1.40
0.52	4.01	1.50
0.57	4.09	1.60
0.62	4.17	1.50
0.67	4.24	1.80
0.72	4.35	2.20
0.77	4.46	4.53
0.78	4.51	5.50
0.79	4.57	5.00
0.8	4.61	5.00
0.81	4.67	7.00
0.82	4.75	7.50
0.83	4.82	8.50
0.84	4.92	7.50
0.85	4.97	7.00
0.86	5.06	8.50
0.87	5.14	10.67
0.875	5.2	12.00
0.88	5.26	13.00
0.885	5.33	13.00
0.89	5.39	13.00
0.895	5.46	15.00
0.9	5.54	21.00
0.905	5.67	22.00
0.91	5.76	25.00
0.915	5.92	31.00
0.92	6.07	28.00
0.925	6.2	28.00
0.93	6.35	27.00
0.935	6.47	24.00
0.94	6.59	20.00
0.945	6.67	19.00
0.95	6.78	19.00
0.955	6.86	18.00
0.96	6.96	15.00
0.965	7.01	19.00
0.97	7.15	21.00
0.975	7.22	13.00
0.98	7.28	12.00
0.985	7.34	11.00
0.99	7.39	11.00
0.995	7.45	14.00
1	7.53	14.00
1.005	7.59	13.00
1.01	7.66	17.00
1.015	7.76	22.00
1.02	7.88	22.00
1.025	7.98	24.00
1.03	8.12	29.00
1.035	8.27	28.00
1.04	8.4	37.00
1.045	8.64	41.00
1.05	8.81	36.00
1.055	9	33.00
1.06	9.14	25.30
1.08	9.43	11.00
1.1	9.58	5.75
1.12	9.66	4.00
1.14	9.74	4.00
1.16	9.82	3.75
1.18	9.89	2.50
1.2	9.92	2.50
1.22	9.99	3.25
1.24	10.05	2.50
1.26	10.09	1.90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1063 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 65 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

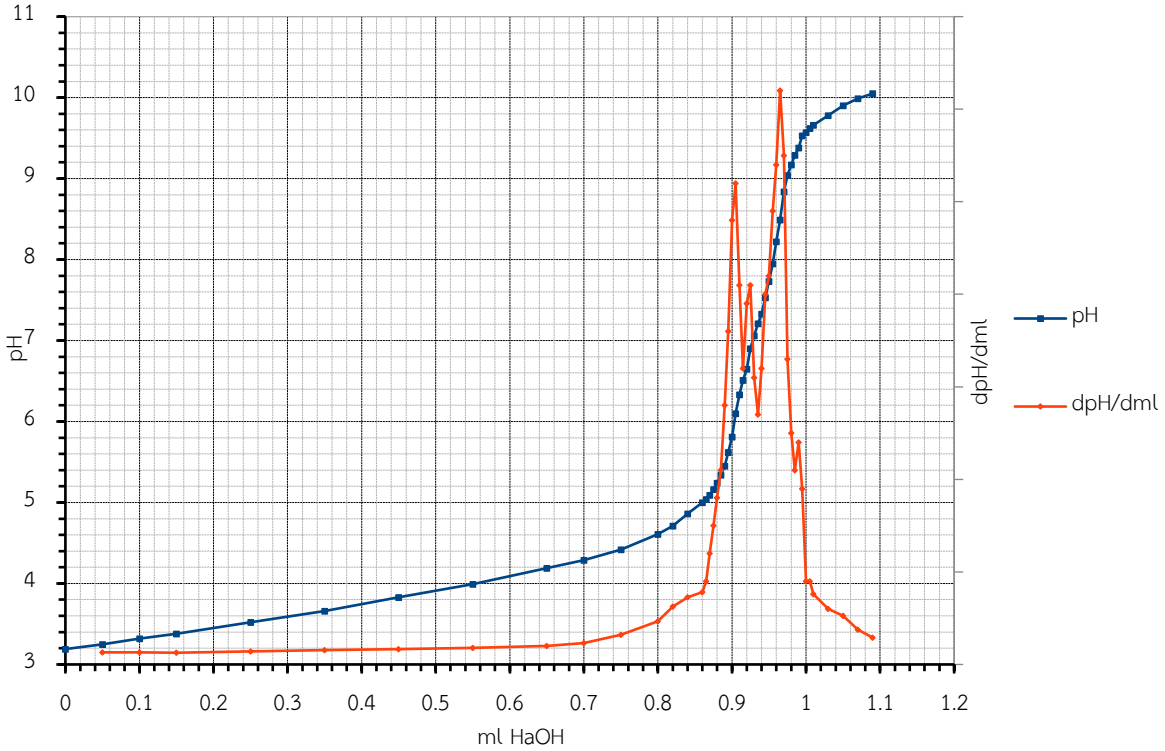
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1689 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0282 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0015 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0494 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.24
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.05
Total wt% ของ H_2O_2	31.3

ตาราง ช. 67 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	3.12	
0.05	3.19	1.50
0.1	3.27	1.60
0.15	3.35	1.60
0.2	3.43	1.80
0.25	3.53	2.00
0.3	3.63	1.80
0.35	3.71	1.90
0.4	3.82	2.10
0.45	3.92	2.40
0.5	4.06	2.94
0.52	4.12	3.00
0.54	4.18	3.00
0.56	4.24	3.50
0.58	4.32	5.50
0.6	4.46	5.25
0.62	4.53	5.00
0.64	4.66	7.50
0.65	4.74	7.00
0.66	4.8	6.00
0.67	4.86	12.00
0.68	5.04	12.00
0.69	5.1	18.00
0.695	5.22	26.00
0.7	5.36	31.00
0.705	5.53	38.00
0.71	5.74	45.00
0.715	5.98	41.00
0.72	6.15	38.00
0.725	6.36	35.00
0.73	6.5	25.00
0.735	6.61	17.00
0.74	6.67	15.00
0.745	6.76	19.00
0.75	6.86	19.00
0.755	6.95	18.00
0.76	7.04	16.00
0.765	7.11	14.00
0.77	7.18	14.00
0.775	7.25	15.00
0.78	7.33	16.00
0.785	7.41	17.00
0.79	7.5	17.00
0.795	7.58	16.00
0.8	7.66	17.00
0.805	7.75	22.00
0.81	7.88	23.00
0.815	7.98	20.00
0.82	8.08	31.00
0.825	8.29	41.00
0.83	8.49	37.00
0.835	8.66	35.00
0.84	8.84	30.00
0.845	8.96	21.00
0.85	9.05	17.00
0.855	9.13	14.00
0.86	9.19	11.00
0.865	9.24	9.00
0.87	9.28	7.70
0.89	9.41	5.50
0.91	9.5	4.00
0.93	9.57	3.25
0.95	9.63	3.25
0.97	9.7	2.96
1.02	9.78	1.30
1.07	9.83	1.40
1.12	9.92	2.00
1.17	10.03	1.92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2121 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 66 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

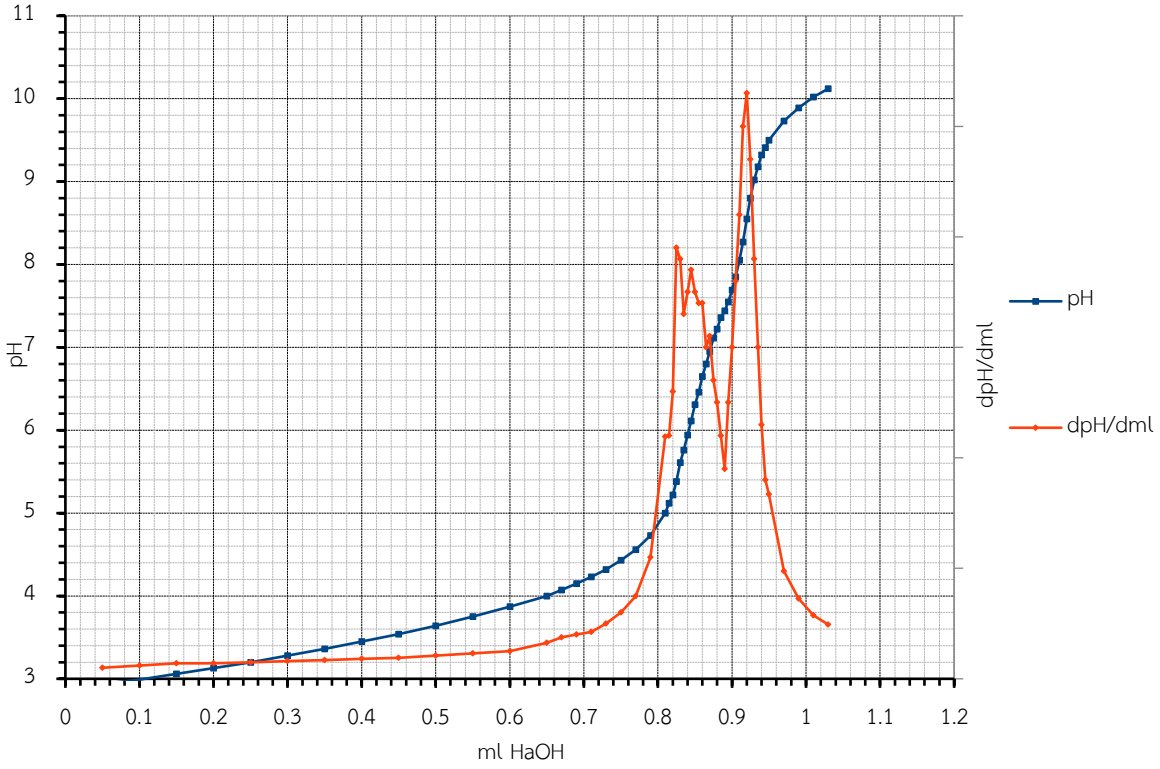
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2093 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	18.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0013 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0458 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	21.89
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.44
Total wt% ของ H_2O_2	22.33

ตาราง ช. 68 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	3.19	
0.05	3.25	1.30
0.1	3.32	1.30
0.15	3.38	1.27
0.25	3.52	1.40
0.35	3.66	1.55
0.45	3.83	1.65
0.55	3.99	1.80
0.65	4.19	2.00
0.7	4.29	2.30
0.75	4.42	3.20
0.8	4.61	4.66
0.82	4.71	6.25
0.84	4.86	7.25
0.86	5	7.80
0.865	5.04	9.00
0.87	5.09	12.00
0.875	5.16	15.00
0.88	5.24	18.00
0.885	5.34	21.00
0.89	5.45	28.00
0.895	5.62	36.00
0.9	5.81	48.00
0.905	6.1	52.00
0.91	6.33	41.00
0.915	6.51	32.00
0.92	6.65	39.00
0.925	6.9	41.00
0.93	7.06	31.00
0.935	7.21	27.00
0.94	7.33	32.00
0.945	7.53	40.00
0.95	7.73	42.00
0.955	7.95	49.00
0.96	8.22	54.00
0.965	8.49	62.00
0.97	8.84	55.00
0.975	9.04	33.00
0.98	9.17	25.00
0.985	9.29	21.00
0.99	9.38	24.00
0.995	9.53	19.00
1	9.57	9.00
1.005	9.62	9.00
1.01	9.66	7.60
1.03	9.78	6.00
1.05	9.9	5.25
1.07	9.99	3.75
1.09	10.05	2.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.6009 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 67 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2009 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0011 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.038 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.04
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.59
Total wt% ของ H_2O_2	19.64

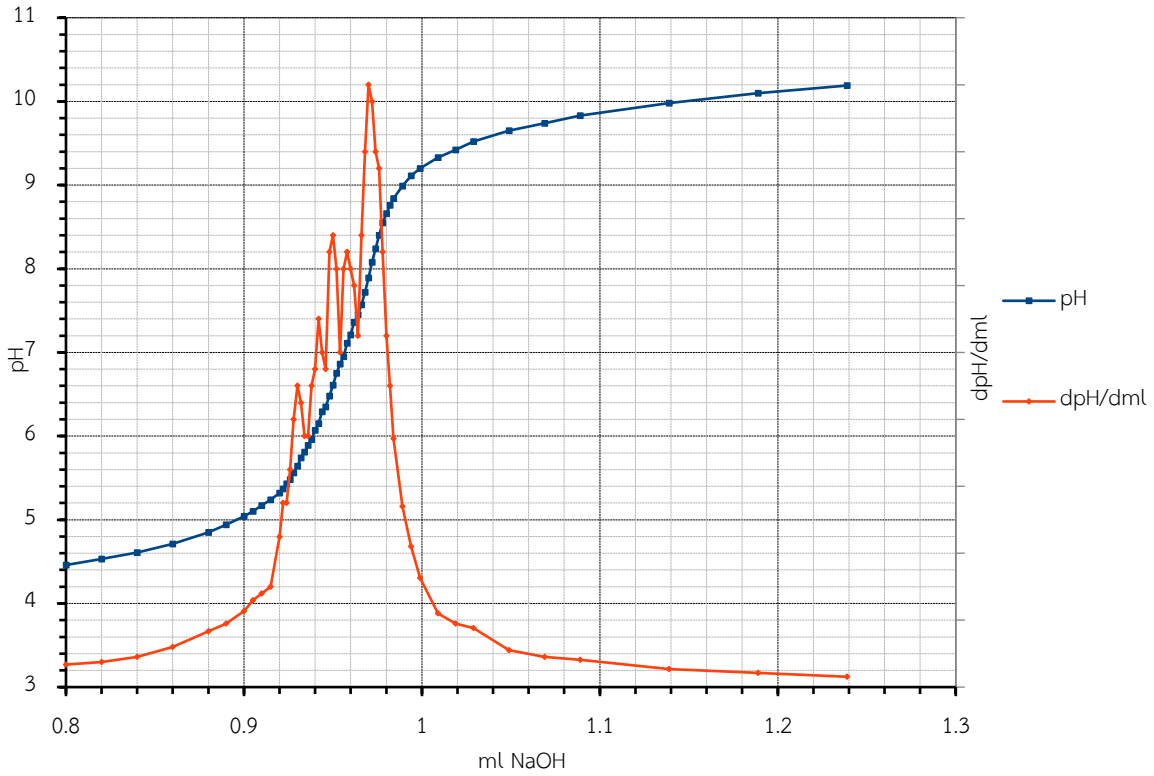
ตาราง ช. 69 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	2.89	
0.05	2.94	1.00
0.1	2.99	1.20
0.15	3.06	1.40
0.2	3.13	1.40
0.25	3.2	1.50
0.3	3.28	1.60
0.35	3.36	1.70
0.4	3.45	1.80
0.45	3.54	1.90
0.5	3.64	2.10
0.55	3.75	2.30
0.6	3.87	2.50
0.65	4	3.24
0.67	4.07	3.75
0.69	4.15	4.00
0.71	4.23	4.25
0.73	4.32	5.00
0.75	4.43	6.00
0.77	4.56	7.50
0.79	4.73	11.00
0.81	5	21.90
0.815	5.12	22.00
0.82	5.22	26.00
0.825	5.38	39.00
0.83	5.61	38.00
0.835	5.76	33.00

ml	pH	dpH/dml
0.84	5.94	35.00
0.845	6.11	37.00
0.85	6.31	35.00
0.855	6.46	34.00
0.86	6.65	34.00
0.865	6.8	30.00
0.87	6.95	31.00
0.875	7.11	27.00
0.88	7.22	25.00
0.885	7.36	22.00
0.89	7.44	19.00
0.895	7.55	25.00
0.9	7.69	30.00
0.905	7.85	36.00
0.91	8.05	42.00
0.915	8.27	50.00
0.92	8.55	53.00
0.925	8.8	47.00
0.93	9.02	38.00
0.935	9.18	30.00
0.94	9.32	23.00
0.945	9.41	18.00
0.95	9.5	16.70
0.97	9.73	9.75
0.99	9.89	7.25
1.01	10.02	5.75
1.03	10.12	4.90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4639 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 68 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 4

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2006 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0286 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.008 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.029 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	14.58
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.11
Total wt% ของ H_2O_2	14.69

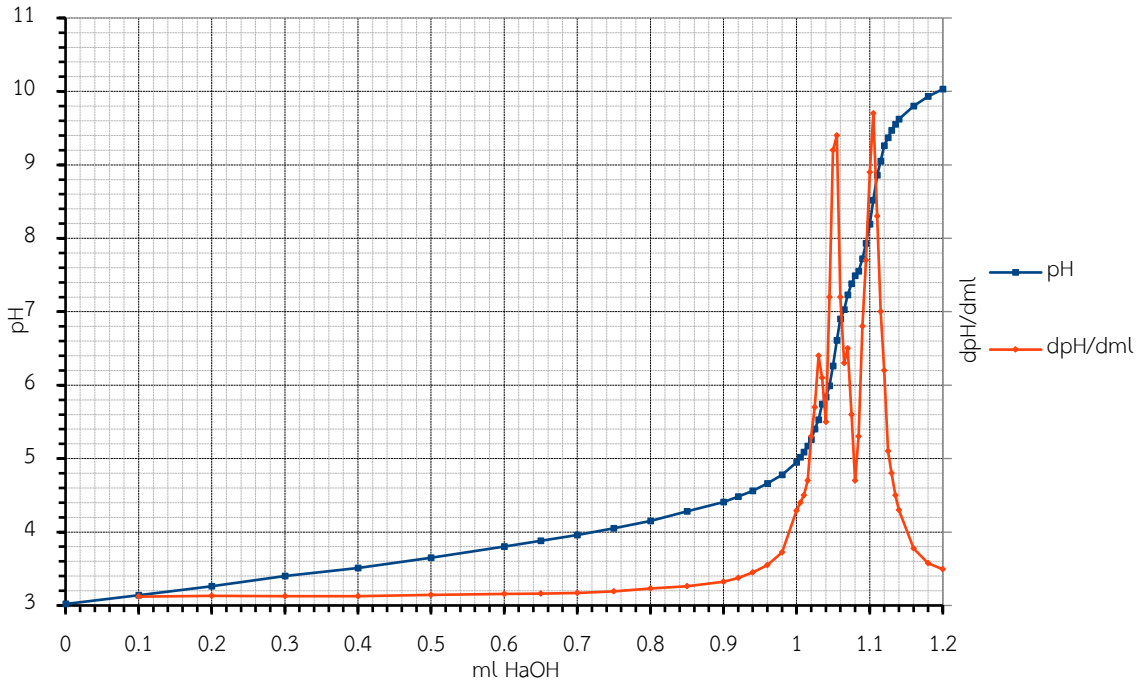
ตาราง ช. 70 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterวันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0	3.09	
0.05	3.15	1.30
0.15	3.3	1.45
0.25	3.44	1.45
0.35	3.59	1.55
0.45	3.75	1.47
0.5	3.82	1.60
0.55	3.91	1.70
0.6	3.99	1.70
0.65	4.08	2.00
0.7	4.19	2.30
0.75	4.31	2.70
0.8	4.46	3.36
0.82	4.53	3.75
0.84	4.61	4.50
0.86	4.71	6.00
0.88	4.85	8.33
0.89	4.94	9.50
0.9	5.04	11.33
0.905	5.1	13.00
0.91	5.17	14.00
0.915	5.24	15.00
0.92	5.32	22.43
0.922	5.37	27.50
0.924	5.43	27.50
0.926	5.48	32.50
0.928	5.56	40.00
0.93	5.64	45.00
0.932	5.74	42.50
0.934	5.81	37.50
0.936	5.89	37.50
0.938	5.96	45.00
0.94	6.07	47.50
0.942	6.15	55.00
0.944	6.29	50.00
0.946	6.35	47.50
0.948	6.48	65.00
0.95	6.61	67.50
0.952	6.75	62.50
0.954	6.86	50.00
0.956	6.95	62.50
0.958	7.11	65.00
0.96	7.21	62.50
0.962	7.36	60.00
0.964	7.45	52.50
0.966	7.57	67.50
0.968	7.72	80.00
0.97	7.89	90.00
0.972	8.08	87.50
0.974	8.24	80.00
0.976	8.4	77.50
0.978	8.55	65.00
0.98	8.66	52.50
0.982	8.76	45.00
0.984	8.84	37.14
0.989	8.99	27.00
0.994	9.11	21.00
0.999	9.2	16.33
1.009	9.33	11.00
1.019	9.42	9.50
1.029	9.52	8.83
1.049	9.65	5.50
1.069	9.74	4.50
1.089	9.83	4.07
1.139	9.98	2.70
1.189	10.1	2.10
1.239	10.19	1.53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.1 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1072 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 69 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

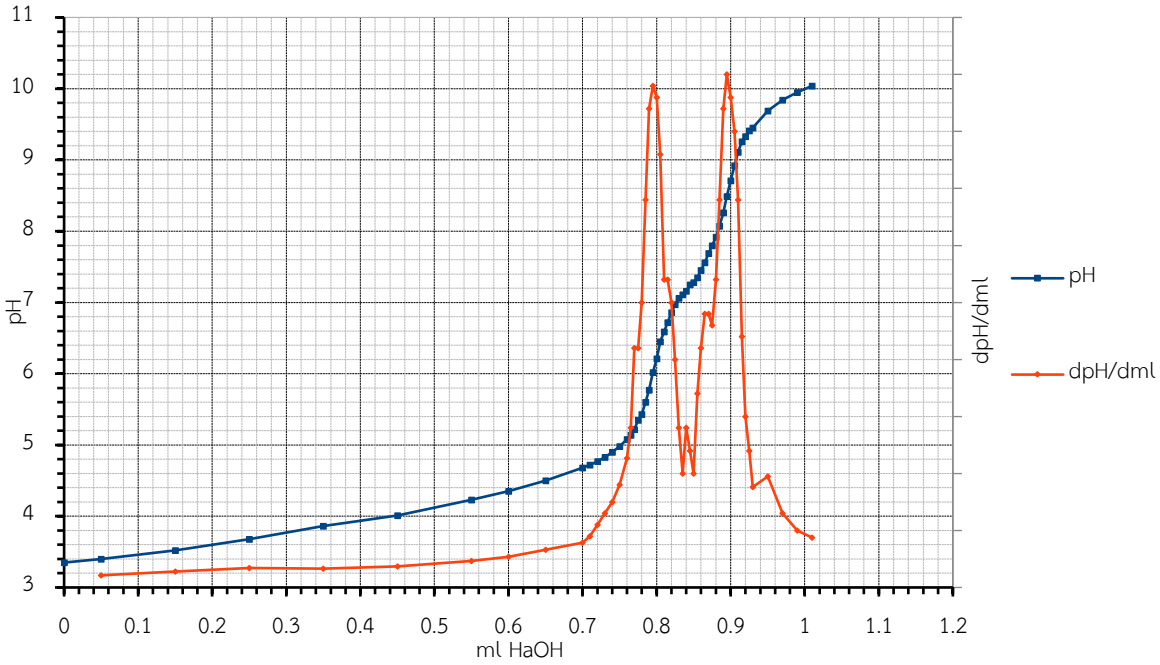
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2421 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.002 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.069 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.42
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.11
Total wt% ของ H_2O_2	29.52

ตาราง ช. 71 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	3.02	
0.1	3.14	1.20
0.2	3.26	1.30
0.3	3.4	1.25
0.4	3.51	1.25
0.5	3.65	1.45
0.6	3.8	1.57
0.65	3.88	1.60
0.7	3.96	1.70
0.75	4.05	1.90
0.8	4.15	2.30
0.85	4.28	2.60
0.9	4.41	3.24
0.92	4.48	3.75
0.94	4.56	4.50
0.96	4.66	5.50
0.98	4.78	7.25
1	4.95	12.90
1.005	5.02	14.00
1.01	5.09	15.00
1.015	5.17	17.00
1.02	5.26	23.00
1.025	5.4	27.00
1.03	5.53	34.00
1.035	5.74	31.00
1.04	5.84	25.00
1.045	5.99	42.00
1.05	6.26	62.00
1.055	6.61	64.00
1.06	6.9	42.00
1.065	7.03	33.00
1.07	7.23	35.00
1.075	7.38	26.00
1.08	7.49	17.00
1.085	7.55	23.00
1.09	7.72	38.00
1.095	7.93	47.00
1.1	8.19	59.00
1.105	8.52	67.00
1.11	8.86	53.00
1.115	9.05	40.00
1.12	9.26	32.00
1.125	9.37	21.00
1.13	9.47	18.00
1.135	9.55	15.00
1.14	9.62	13.00
1.16	9.8	7.75
1.18	9.93	5.75
1.2	10.03	4.94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1105 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 70 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1744 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0015 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.005 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.95
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.71
Total wt% ของ H_2O_2	30.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

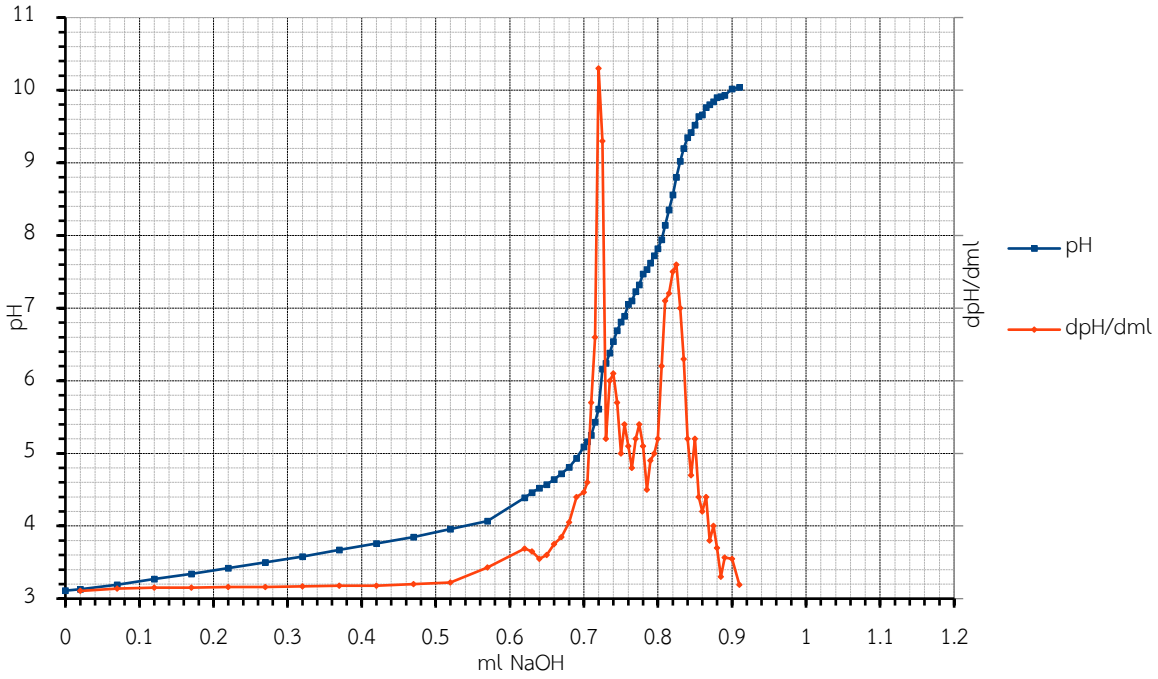
ตาราง ช. 72 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	3.35	
0.05	3.4	1.07
0.15	3.52	1.40
0.25	3.68	1.70
0.35	3.86	1.65
0.45	4.01	1.85
0.55	4.23	2.33
0.6	4.35	2.70
0.65	4.5	3.30
0.7	4.68	3.93
0.71	4.72	4.50
0.72	4.77	5.50
0.73	4.83	6.50
0.74	4.9	7.50
0.75	4.98	9.00
0.76	5.08	11.33
0.765	5.14	14.00
0.77	5.22	21.00
0.775	5.35	21.00
0.78	5.43	25.00
0.785	5.6	34.00
0.79	5.77	42.00
0.795	6.02	44.00
0.8	6.21	43.00
0.805	6.45	38.00
0.81	6.59	27.00
0.815	6.72	27.00
0.82	6.86	25.00

ml	pH	dpH/dml
0.825	6.97	20.00
0.83	7.06	14.00
0.835	7.11	10.00
0.84	7.16	14.00
0.845	7.25	12.00
0.85	7.28	10.00
0.855	7.35	17.00
0.86	7.45	21.00
0.865	7.56	24.00
0.87	7.69	24.00
0.875	7.8	23.00
0.88	7.92	27.00
0.885	8.07	34.00
0.89	8.26	42.00
0.895	8.49	45.00
0.9	8.71	43.00
0.905	8.92	40.00
0.91	9.11	34.00
0.915	9.26	22.00
0.92	9.33	15.00
0.925	9.41	12.00
0.93	9.45	8.80
0.95	9.69	9.75
0.97	9.84	6.50
0.99	9.95	5.00
1.01	10.04	4.39

สถาบันวิทยบริการ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0982 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 71 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.186g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0016 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.056 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.07
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.52
Total wt% ของ H_2O_2	31.59

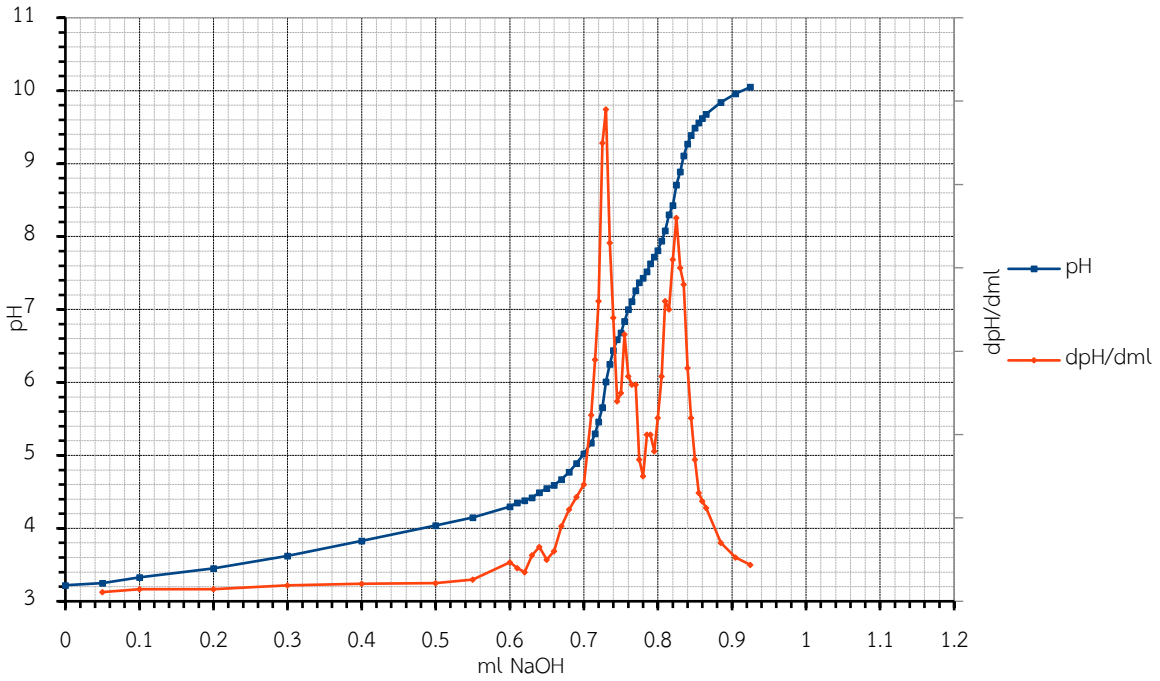
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 73 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meterนาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	3.11	
0.02	3.13	1.06
0.07	3.19	1.40
0.12	3.27	1.50
0.17	3.34	1.50
0.22	3.42	1.60
0.27	3.5	1.60
0.32	3.58	1.70
0.37	3.67	1.80
0.42	3.76	1.80
0.47	3.85	2.00
0.52	3.96	2.20
0.57	4.07	4.30
0.62	4.39	6.90
0.63	4.46	6.50
0.64	4.52	5.50
0.65	4.57	6.00
0.66	4.64	7.50
0.67	4.72	8.50
0.68	4.81	10.50
0.69	4.93	14.00
0.7	5.09	14.67
0.705	5.16	16.00
0.71	5.25	27.00
0.715	5.43	36.00
0.72	5.61	73.00
0.725	6.16	63.00
0.73	6.24	22.00
0.735	6.38	30.00
0.74	6.54	31.00
0.745	6.69	27.00
0.75	6.81	20.00
0.755	6.89	24.00
0.76	7.05	21.00
0.765	7.1	18.00
0.77	7.23	22.00
0.775	7.32	24.00
0.78	7.47	21.00
0.785	7.53	15.00
0.79	7.62	19.00
0.795	7.72	20.00
0.8	7.82	22.00
0.805	7.94	32.00
0.81	8.14	41.00
0.815	8.35	42.00
0.82	8.56	45.00
0.825	8.8	46.00
0.83	9.02	40.00
0.835	9.2	33.00
0.84	9.35	22.00
0.845	9.42	17.00
0.85	9.52	22.00
0.855	9.64	14.00
0.86	9.66	12.00
0.865	9.76	14.00
0.87	9.8	8.00
0.875	9.84	10.00
0.88	9.9	7.00
0.885	9.91	3.00
0.89	9.93	5.67
0.9	10.02	5.50
0.91	10.04	1.90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0939 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.04622 M



รูป ช. 72 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1608 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	18.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0291 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.046 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.62
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.51
Total wt% ของ H_2O_2	30.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

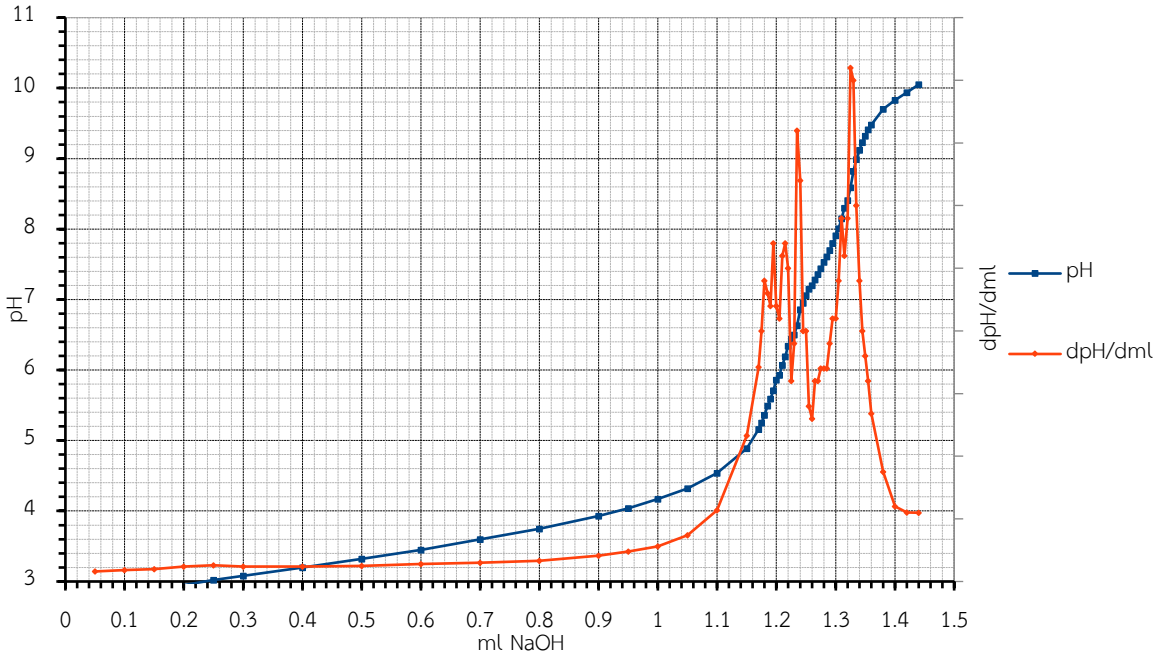
ตาราง ช. 74 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter นาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	3.22	
0.05	3.25	1.10
0.1	3.33	1.47
0.2	3.45	1.45
0.3	3.62	1.90
0.4	3.83	2.10
0.5	4.04	2.17
0.55	4.15	2.60
0.6	4.3	4.67
0.61	4.35	4.00
0.62	4.38	3.50
0.63	4.42	5.50
0.64	4.49	6.50
0.65	4.55	5.00
0.66	4.59	6.00
0.67	4.67	9.00
0.68	4.77	11.00
0.69	4.89	12.50
0.7	5.02	14.00
0.71	5.17	22.33
0.715	5.3	29.00
0.72	5.46	36.00
0.725	5.66	55.00
0.73	6.01	59.00
0.735	6.25	43.00
0.74	6.44	34.00
0.745	6.59	24.00
0.75	6.68	25.00

ml	pH	dpH/dml
0.755	6.84	32.00
0.76	7	27.00
0.765	7.11	26.00
0.77	7.26	26.00
0.775	7.37	17.00
0.78	7.43	15.00
0.785	7.52	20.00
0.79	7.63	20.00
0.795	7.72	18.00
0.8	7.81	22.00
0.805	7.94	27.00
0.81	8.08	36.00
0.815	8.3	35.00
0.82	8.43	41.00
0.825	8.71	46.00
0.83	8.89	40.00
0.835	9.11	38.00
0.84	9.27	28.00
0.845	9.39	22.00
0.85	9.49	17.00
0.855	9.56	13.00
0.86	9.62	12.00
0.865	9.68	11.20
0.885	9.84	7.00
0.905	9.96	5.25
0.925	10.05	4.36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2536 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 73 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2011 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.9
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.22
Total wt% ของ H_2O_2	20.11

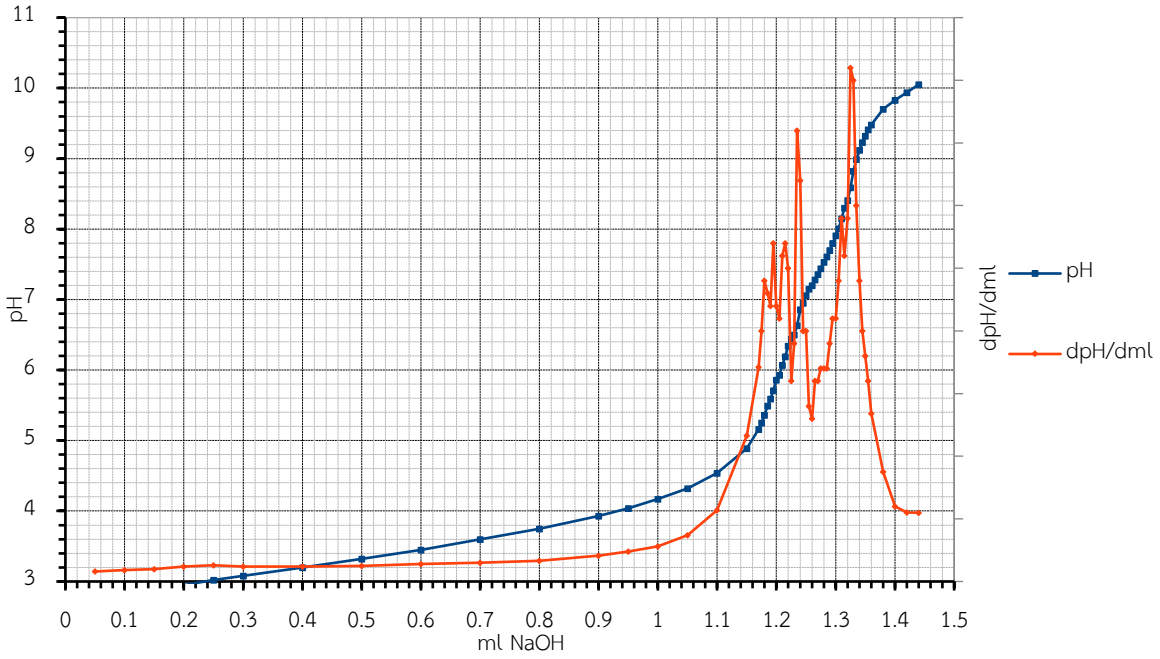
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 75 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	2.77	
0.05	2.81	0.80
0.1	2.85	0.90
0.15	2.9	1.00
0.2	2.95	1.20
0.25	3.02	1.30
0.3	3.08	1.20
0.4	3.2	1.20
0.5	3.32	1.25
0.6	3.45	1.40
0.7	3.6	1.50
0.8	3.75	1.65
0.9	3.93	2.07
0.95	4.04	2.40
1	4.17	2.80
1.05	4.32	3.70
1.1	4.54	5.70
1.15	4.89	11.64
1.17	5.16	17.10
1.175	5.25	20.00
1.18	5.36	24.00
1.185	5.49	23.00
1.19	5.59	22.00
1.195	5.71	27.00
1.2	5.86	22.00
1.205	5.93	21.00
1.21	6.07	26.00
1.215	6.19	27.00
1.22	6.34	25.00
1.225	6.44	16.00
1.23	6.5	19.00
1.235	6.63	36.00
1.24	6.86	32.00
1.245	6.95	20.00
1.25	7.06	20.00
1.255	7.15	14.00
1.26	7.2	13.00
1.265	7.28	16.00
1.27	7.36	16.00
1.275	7.44	17.00
1.28	7.53	17.00
1.285	7.61	17.00
1.29	7.7	19.00
1.295	7.8	21.00
1.3	7.91	21.00
1.305	8.01	24.00
1.31	8.15	29.00
1.315	8.3	26.00
1.32	8.41	29.00
1.325	8.59	41.00
1.33	8.82	40.00
1.335	8.99	30.00
1.34	9.12	24.00
1.345	9.23	20.00
1.35	9.32	18.00
1.355	9.41	16.00
1.36	9.48	13.40
1.38	9.7	8.75
1.4	9.83	6.00
1.42	9.94	5.50
1.44	10.05	5.48

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5263 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 74 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2102 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0011 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.039 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.56
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.37
Total wt% ของ H_2O_2	28.93

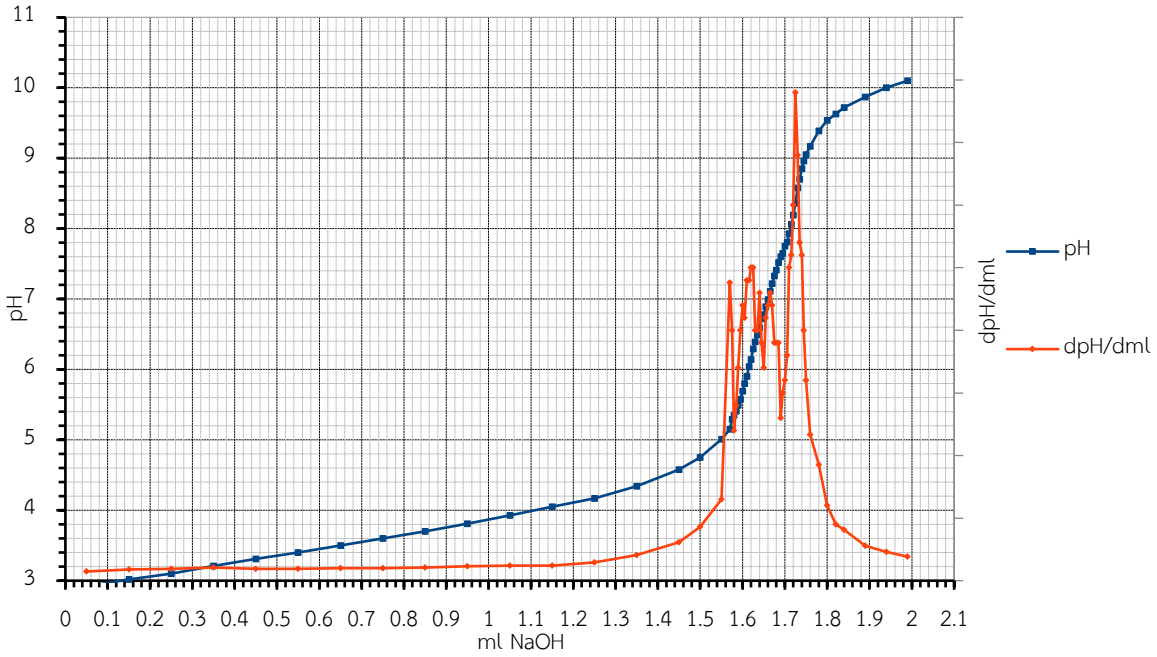
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 76 ผลการไทเทรตจากเครื่อง pH meterวันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	2.89	
0.05	2.92	0.73
0.15	3.02	0.90
0.25	3.1	1.45
0.35	3.31	1.50
0.45	3.4	0.95
0.55	3.5	1.00
0.65	3.6	1.00
0.75	3.7	1.05
0.85	3.81	1.15
0.95	3.93	1.20
1.05	4.05	1.20
1.15	4.17	1.45
1.25	4.34	2.05
1.35	4.58	3.07
1.4	4.75	4.30
1.45	5.01	6.49
1.47	5.15	11.67
1.48	5.29	12.67
1.485	5.35	12.00
1.49	5.41	14.00
1.495	5.49	17.00
1.5	5.58	20.00
1.505	5.69	22.00
1.51	5.8	21.00
1.515	5.9	24.00
1.52	6.04	24.00
1.525	6.14	25.00
1.53	6.29	25.00
1.535	6.39	20.00
1.54	6.49	20.00
1.545	6.59	23.00
1.55	6.72	19.00
1.555	6.78	17.00
1.56	6.89	21.00
1.565	6.99	22.00
1.57	7.11	23.00
1.575	7.22	22.00
1.58	7.33	19.00
1.585	7.41	19.00
1.59	7.52	19.00
1.595	7.6	13.00
1.6	7.65	15.00
1.605	7.75	16.00
1.61	7.81	18.00
1.615	7.93	25.00
1.62	8.06	26.00
1.625	8.19	30.00
1.63	8.36	39.00
1.635	8.58	34.00
1.64	8.7	27.00
1.645	8.85	26.00
1.65	8.96	20.00
1.655	9.05	16.00
1.665	9.17	11.67
1.685	9.39	9.25
1.705	9.54	6.00
1.725	9.63	4.50
1.745	9.72	4.07
1.795	9.87	2.80
1.845	10	2.30
1.895	10.1	1.91

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5263 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 75 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 4

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 4

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2066 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0011 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.039 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.88
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.37
Total wt% ของ H_2O_2	19.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

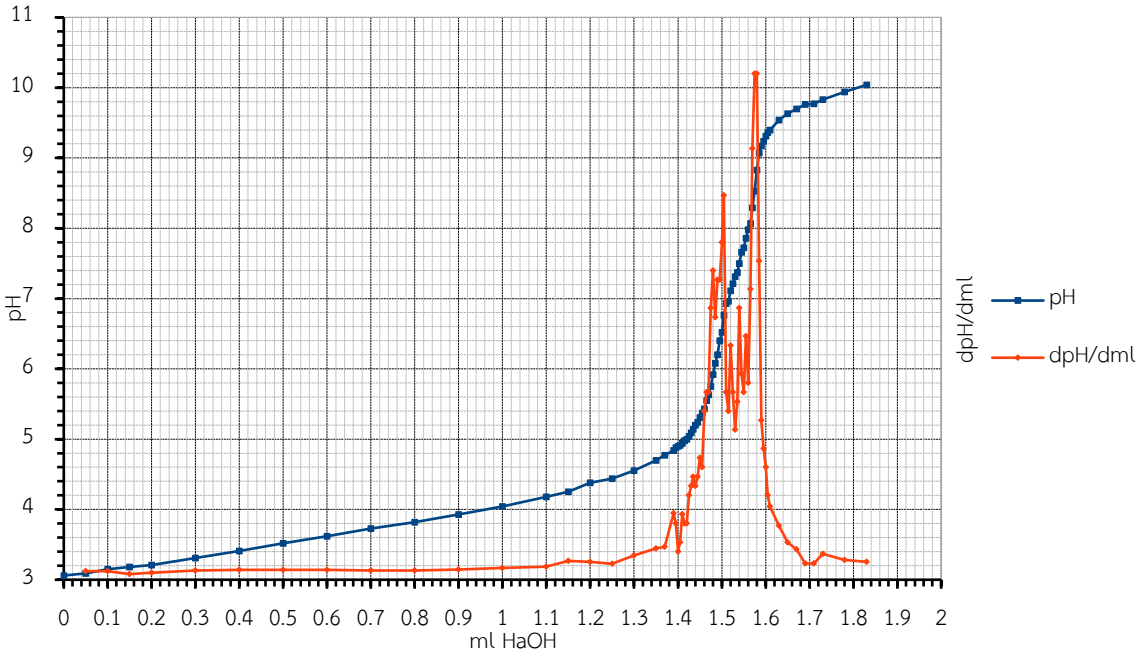
ตาราง ช. 77 ผลการไทเทรตจากเครื่อง pH meterวันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0	2.89	
0.05	2.92	0.73
0.15	3.02	0.90
0.25	3.1	0.95
0.35	3.21	1.05
0.45	3.31	0.95
0.55	3.4	0.95
0.65	3.5	1.00
0.75	3.6	1.00
0.85	3.7	1.05
0.95	3.81	1.15
1.05	3.93	1.20
1.15	4.05	1.20
1.25	4.17	1.45
1.35	4.34	2.05
1.45	4.58	3.07
1.5	4.75	4.30
1.55	5.01	6.49
1.57	5.15	23.80
1.575	5.29	20.00
1.58	5.35	12.00
1.585	5.41	14.00
1.59	5.49	17.00
1.595	5.58	20.00
1.6	5.69	22.00
1.605	5.8	21.00
1.61	5.9	24.00
1.615	6.04	24.00
1.62	6.14	25.00
1.625	6.29	25.00
1.63	6.39	20.00
1.635	6.49	20.00
1.64	6.59	23.00
1.645	6.72	19.00
1.65	6.78	17.00
1.655	6.89	21.00
1.66	6.99	22.00
1.665	7.11	23.00
1.67	7.22	22.00
1.675	7.33	19.00
1.68	7.41	19.00
1.685	7.52	19.00
1.69	7.6	13.00
1.695	7.65	15.00
1.7	7.75	16.00
1.705	7.81	18.00
1.71	7.93	25.00
1.715	8.06	26.00
1.72	8.19	30.00
1.725	8.36	39.00
1.73	8.58	34.00
1.735	8.7	27.00
1.74	8.85	26.00
1.745	8.96	20.00
1.75	9.05	16.00
1.76	9.17	11.67
1.78	9.39	9.25
1.8	9.54	6.00
1.82	9.63	4.50
1.84	9.72	4.07
1.89	9.87	2.80
1.94	10	2.30
1.99	10.1	1.92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1102 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 76 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

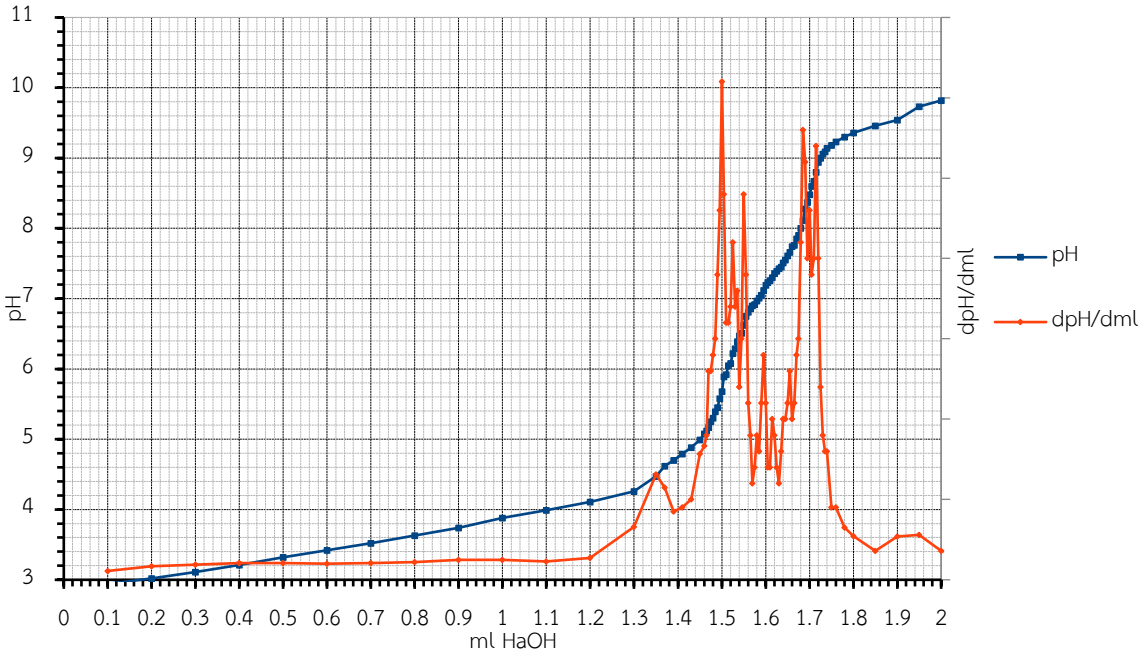
ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2168 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0019 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.068 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.35
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.21
Total wt% ของ H_2O_2	32.56

ตาราง ช. 78 ผลการไทเทรตจากเครื่อง pH meter นาทีที่ 10

ml	pH	dpH/dml
0	3.06	
0.05	3.09	0.90
0.1	3.15	0.90
0.15	3.18	0.60
0.2	3.21	0.73
0.3	3.31	1.00
0.4	3.41	1.05
0.5	3.52	1.05
0.6	3.62	1.05
0.7	3.73	1.00
0.8	3.82	1.00
0.9	3.93	1.10
1	4.04	1.25
1.1	4.18	1.40
1.15	4.25	2.00
1.2	4.38	1.90
1.25	4.44	1.70
1.3	4.55	2.60
1.35	4.7	3.36
1.37	4.77	3.50
1.39	4.84	7.10
1.395	4.88	6.00
1.4	4.9	3.00
1.405	4.91	4.00
1.41	4.94	7.00
1.415	4.98	6.00
1.42	5	6.00
1.425	5.04	9.00
1.43	5.09	10.00
1.435	5.14	11.00
1.44	5.2	10.00
1.445	5.24	11.00
1.45	5.31	13.00
1.455	5.37	12.00
1.46	5.43	18.00
1.465	5.55	20.00
1.47	5.63	20.00
1.475	5.75	29.00
1.48	5.92	33.00
1.485	6.08	28.00
1.49	6.2	32.00
1.495	6.4	32.00
1.5	6.52	36.00
1.505	6.76	41.00
1.51	6.93	20.00
1.515	6.96	18.00
1.52	7.11	25.00
1.525	7.21	20.00
1.53	7.31	16.00
1.535	7.37	19.00
1.54	7.5	29.00
1.545	7.66	22.00
1.55	7.72	20.00
1.555	7.86	26.00
1.56	7.98	21.00
1.565	8.07	31.00
1.57	8.29	46.00
1.575	8.53	54.00
1.58	8.83	54.00
1.585	9.07	34.00
1.59	9.17	17.00
1.595	9.24	14.00
1.6	9.31	12.00
1.605	9.36	9.00
1.61	9.4	7.80
1.63	9.54	5.75
1.65	9.63	4.00
1.67	9.7	3.25
1.69	9.76	1.75
1.71	9.77	1.75
1.73	9.83	2.77
1.78	9.94	2.10
1.83	10.04	1.90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



***รูป ช.* 77** กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.207 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0017 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.057 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	27.36
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.34
Total wt% ของ H_2O_2	28.7

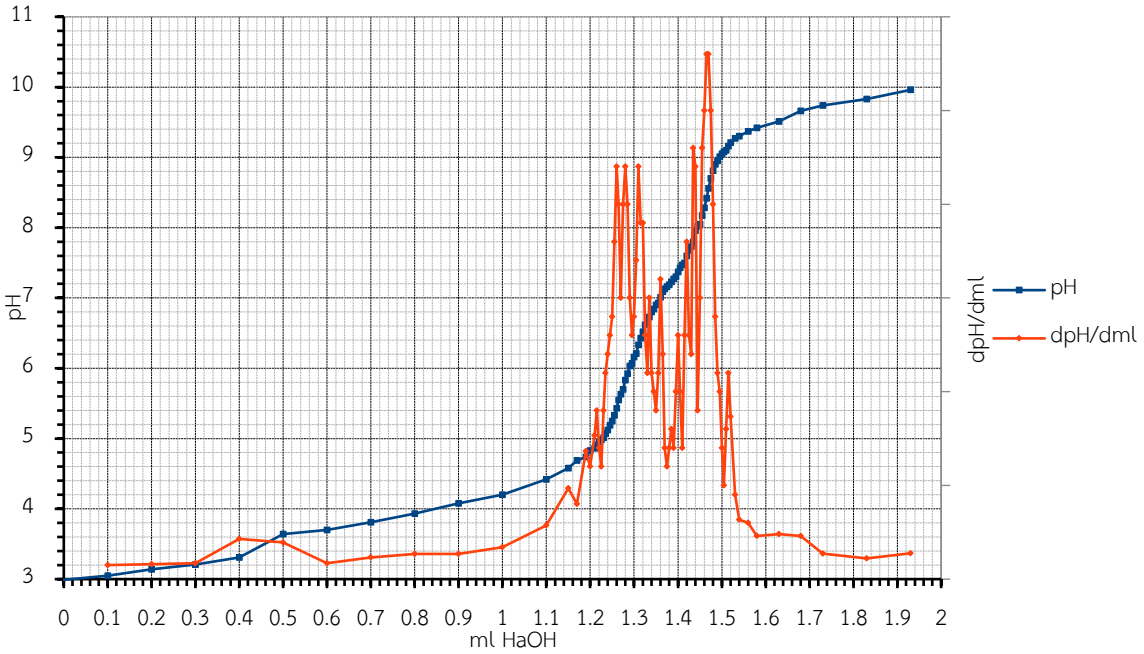
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 79 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterนาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
0	2.91	
0.1	2.94	0.55
0.2	3.02	0.85
0.3	3.11	0.95
0.4	3.21	1.05
0.5	3.32	1.05
0.6	3.42	1.00
0.7	3.52	1.05
0.8	3.63	1.10
0.9	3.74	1.25
1	3.88	1.25
1.1	3.99	1.15
1.2	4.11	1.35
1.3	4.26	3.30
1.35	4.47	6.56
1.37	4.62	5.75
1.39	4.7	4.25
1.41	4.79	4.50
1.43	4.88	5.00
1.45	4.99	7.83
1.46	5.08	8.33
1.465	5.12	9.00
1.47	5.17	13.00
1.475	5.25	13.00
1.48	5.3	14.00
1.485	5.39	15.00
1.49	5.45	19.00
1.495	5.58	23.00
1.5	5.68	31.00
1.505	5.89	24.00
1.51	5.92	16.00
1.515	6.05	16.00
1.52	6.08	17.00
1.525	6.22	21.00
1.53	6.29	17.00
1.535	6.39	18.00
1.54	6.47	12.00
1.545	6.51	15.00
1.55	6.62	24.00
1.555	6.75	19.00
1.56	6.81	11.00
1.565	6.86	9.00
1.57	6.9	6.00
1.575	6.92	7.00
1.58	6.97	9.00
1.585	7.01	8.00
1.59	7.05	11.00
1.595	7.12	14.00
1.6	7.19	11.00
1.605	7.23	7.00
1.61	7.26	7.00
1.615	7.3	10.00
1.62	7.36	9.00
1.625	7.39	7.00
1.63	7.43	6.00
1.635	7.45	8.00
1.64	7.51	10.00
1.645	7.55	10.00
1.65	7.61	11.00
1.655	7.66	13.00
1.66	7.74	10.00
1.665	7.76	11.00
1.67	7.85	14.00
1.675	7.9	15.00
1.68	8	21.00
1.685	8.11	28.00
1.69	8.28	26.00
1.695	8.37	20.00
1.7	8.48	23.00
1.705	8.6	19.00
1.71	8.67	20.00
1.715	8.8	27.00
1.72	8.94	20.00
1.725	9	12.00
1.73	9.06	9.00
1.735	9.09	8.00
1.74	9.14	8.00
1.75	9.18	4.50
1.76	9.23	4.50
1.78	9.3	3.25
1.8	9.36	2.71
1.85	9.46	1.80
1.9	9.54	2.70
1.95	9.73	2.80
2	9.82	1.80
2.05	9.91	1.63
2.15	10.04	1.25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0842 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 78 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1617g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0015 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0495 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.67
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.96
Total wt% ของ H_2O_2	32.63

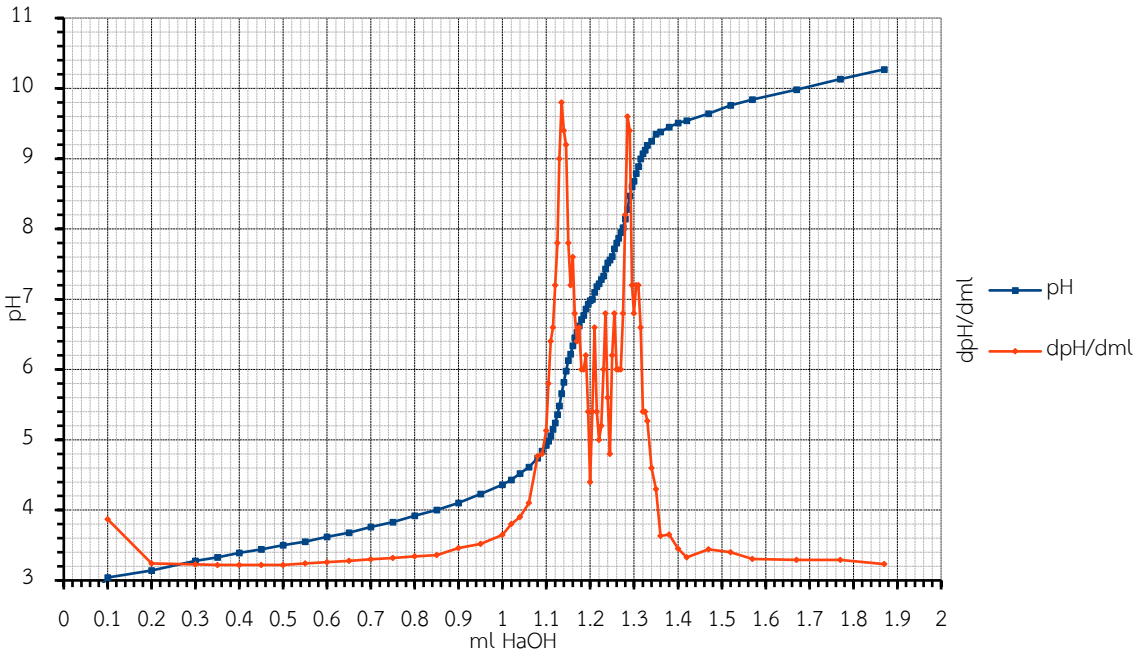
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 80 ผลการไทเทรตจากเครื่อง pH meterนาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	2.99	
0.1	3.05	0.75
0.2	3.14	0.80
0.3	3.21	0.85
0.4	3.31	2.15
0.5	3.64	1.95
0.6	3.7	0.85
0.7	3.81	1.15
0.8	3.93	1.35
0.9	4.08	1.35
1	4.2	1.70
1.1	4.42	2.87
1.15	4.58	4.84
1.17	4.69	4.00
1.19	4.74	6.83
1.2	4.83	6.00
1.21	4.86	7.67
1.215	4.91	9.00
1.22	4.95	7.00
1.225	4.98	6.00
1.23	5.01	9.00
1.235	5.07	11.00
1.24	5.12	12.00
1.245	5.19	13.00
1.25	5.25	14.00
1.255	5.33	18.00
1.26	5.43	22.00
1.265	5.55	20.00
1.27	5.63	15.00
1.275	5.7	20.00
1.28	5.83	22.00
1.285	5.92	20.00
1.29	6.03	15.00
1.295	6.07	13.00
1.3	6.16	14.00
1.305	6.21	17.00
1.31	6.33	22.00
1.315	6.43	19.00
1.32	6.52	19.00
1.325	6.62	13.00
1.33	6.65	11.00
1.335	6.73	15.00
1.34	6.8	11.00
1.345	6.84	10.00
1.35	6.9	9.00
1.355	6.93	11.00
1.36	7.01	16.00
1.365	7.09	12.00
1.37	7.13	7.00
1.375	7.16	6.00
1.38	7.19	7.00
1.385	7.23	8.00
1.39	7.27	7.00
1.395	7.3	10.00
1.4	7.37	13.00
1.405	7.43	10.00
1.41	7.47	7.00
1.415	7.5	13.00
1.42	7.6	18.00
1.425	7.68	13.00
1.43	7.73	12.00
1.435	7.8	23.00
1.44	7.96	22.00
1.445	8.02	9.00
1.45	8.05	15.00
1.455	8.17	23.00
1.46	8.28	25.00
1.465	8.42	28.00
1.47	8.56	28.00
1.475	8.7	25.00
1.48	8.81	20.00
1.485	8.9	14.00
1.49	8.95	11.00
1.495	9.01	10.00
1.5	9.05	7.00
1.505	9.08	5.00
1.51	9.1	8.00
1.515	9.16	11.00
1.52	9.21	8.67
1.53	9.27	4.50
1.54	9.3	3.17
1.56	9.37	3.00
1.58	9.42	2.30
1.63	9.51	2.40
1.68	9.66	2.30
1.73	9.74	1.37
1.83	9.83	1.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0842 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 79 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1617g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0015 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0495 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.67
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.96
Total wt% ของ H_2O_2	32.63

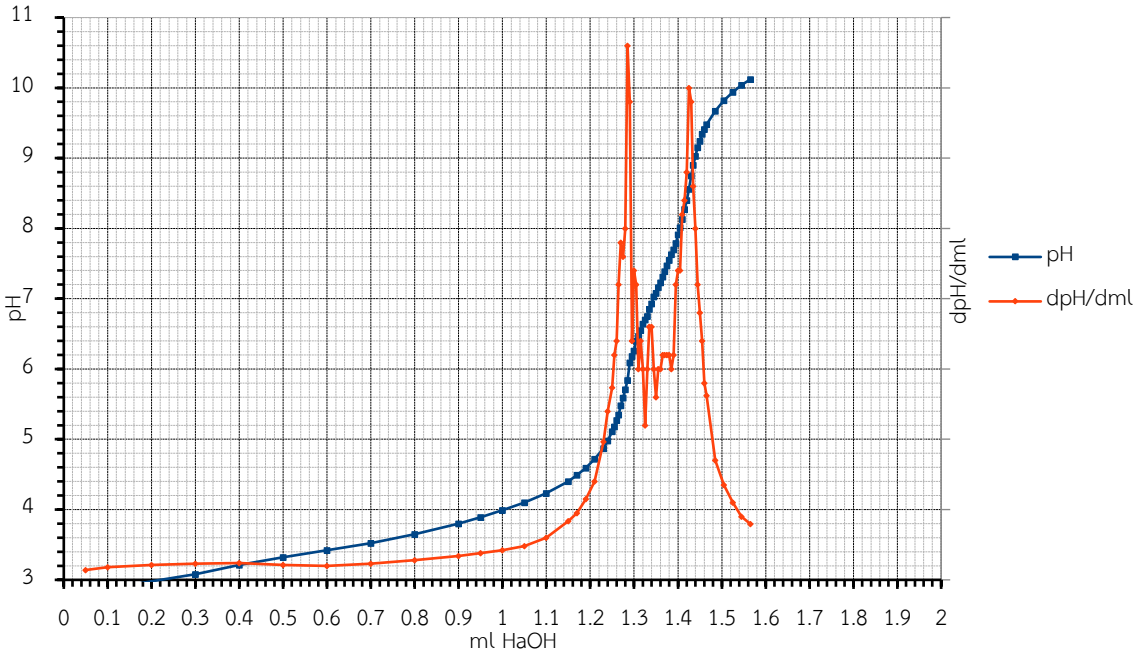
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 81 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterนาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	2.27	
0.1	3.04	4.35
0.2	3.14	1.20
0.3	3.28	1.13
0.35	3.33	1.10
0.4	3.39	1.10
0.45	3.44	1.10
0.5	3.5	1.10
0.55	3.55	1.20
0.6	3.62	1.30
0.65	3.68	1.40
0.7	3.76	1.50
0.75	3.83	1.60
0.8	3.92	1.70
0.85	4	1.80
0.9	4.1	2.30
0.95	4.23	2.60
1	4.36	3.24
1.02	4.43	4.00
1.04	4.52	4.50
1.06	4.61	5.50
1.08	4.74	8.83
1.09	4.84	9.00
1.1	4.92	10.67
1.105	4.98	14.00
1.11	5.06	17.00
1.115	5.15	18.00
1.12	5.24	21.00
1.125	5.36	24.00
1.13	5.48	30.00
1.135	5.66	34.00
1.14	5.82	32.00
1.145	5.98	31.00
1.15	6.13	24.00
1.155	6.22	21.00
1.16	6.34	23.00
1.165	6.45	19.00
1.17	6.53	17.00
1.175	6.62	18.00
1.18	6.71	15.00
1.185	6.77	15.00
1.19	6.86	16.00
1.195	6.93	12.00
1.2	6.98	7.00
1.205	7	12.00
1.21	7.1	18.00
1.215	7.18	12.00
1.22	7.22	10.00
1.225	7.28	11.00
1.23	7.33	15.00
1.235	7.43	19.00
1.24	7.52	13.00
1.245	7.56	9.00
1.25	7.61	16.00
1.255	7.72	19.00
1.26	7.8	15.00
1.265	7.87	15.00
1.27	7.95	15.00
1.275	8.02	19.00
1.28	8.14	26.00
1.285	8.28	33.00
1.29	8.47	32.00
1.295	8.6	21.00
1.3	8.68	19.00
1.305	8.79	21.00
1.31	8.89	21.00
1.315	9	18.00
1.32	9.07	12.00
1.325	9.12	12.00
1.33	9.19	11.33
1.34	9.25	8.00
1.35	9.35	6.50
1.36	9.38	3.17
1.38	9.45	3.25
1.4	9.51	2.25
1.42	9.54	1.64
1.47	9.64	2.20
1.52	9.76	2.00
1.57	9.84	1.53
1.67	9.98	1.45
1.77	10.13	1.45
1.87	10.27	1.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2608 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4662 M



รูป ช. 80 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1147g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	9.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0007 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.024 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	21.07
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.79
Total wt% ของ H_2O_2	21.86

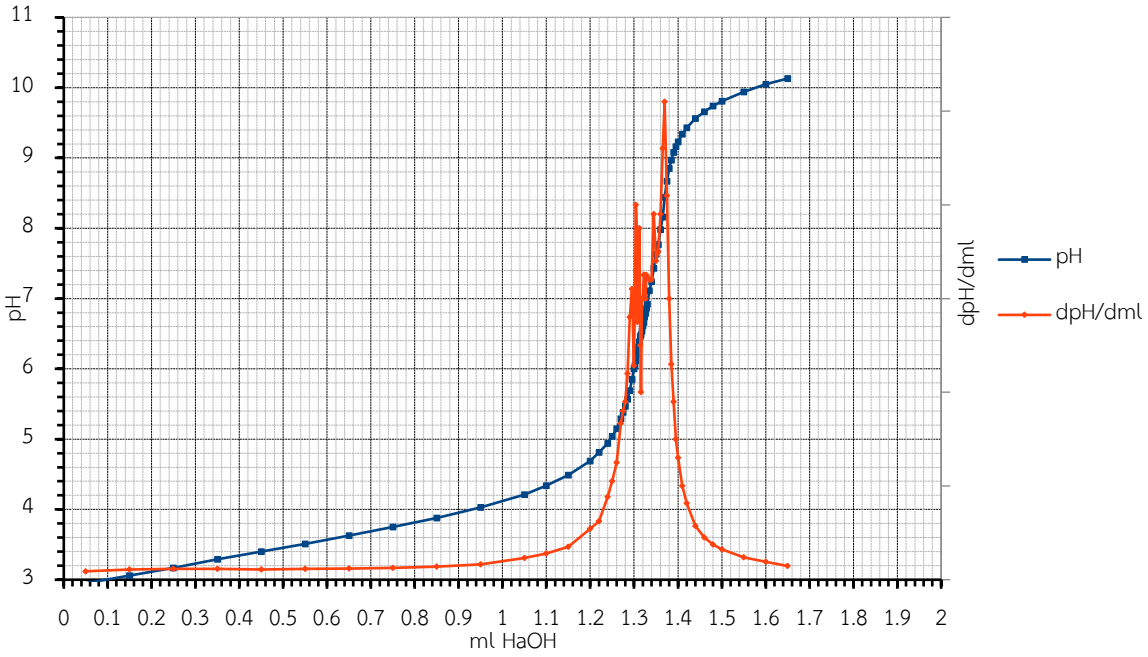
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 82 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	2.8	
0.05	2.83	0.70
0.1	2.87	0.90
0.2	2.98	1.05
0.3	3.08	1.15
0.4	3.21	1.20
0.5	3.32	1.05
0.6	3.42	1.00
0.7	3.52	1.15
0.8	3.65	1.40
0.9	3.8	1.70
0.95	3.89	1.90
1	3.99	2.10
1.05	4.1	2.40
1.1	4.23	3.00
1.15	4.4	4.19
1.17	4.49	4.75
1.19	4.59	5.75
1.21	4.72	7.00
1.23	4.87	9.83
1.24	4.98	12.00
1.25	5.11	13.67
1.255	5.18	16.00
1.26	5.27	17.00
1.265	5.35	21.00
1.27	5.48	24.00
1.275	5.59	23.00
1.28	5.71	25.00
1.285	5.84	38.00
1.29	6.09	34.00
1.295	6.18	17.00
1.3	6.26	22.00
1.305	6.4	21.00
1.31	6.47	15.00
1.315	6.55	17.00
1.32	6.64	15.00
1.325	6.7	11.00
1.33	6.75	15.00
1.335	6.85	18.00
1.34	6.93	18.00
1.345	7.03	15.00
1.35	7.08	13.00
1.355	7.16	15.00
1.36	7.23	15.00
1.365	7.31	16.00
1.37	7.39	16.00
1.375	7.47	16.00
1.38	7.55	16.00
1.385	7.63	15.00
1.39	7.7	16.00
1.395	7.79	21.00
1.4	7.91	22.00
1.405	8.01	22.00
1.41	8.13	26.00
1.415	8.27	27.00
1.42	8.4	29.00
1.425	8.56	35.00
1.43	8.75	34.00
1.435	8.9	28.00
1.44	9.03	25.00
1.445	9.15	21.00
1.45	9.24	19.00
1.455	9.34	17.00
1.46	9.41	14.00
1.465	9.48	13.10
1.485	9.67	8.50
1.505	9.82	6.75
1.525	9.94	5.50
1.545	10.04	4.50
1.565	10.12	3.97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4226 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 81 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2043g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0296 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0398 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.47
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.28
Total wt% ของ H_2O_2	19.74

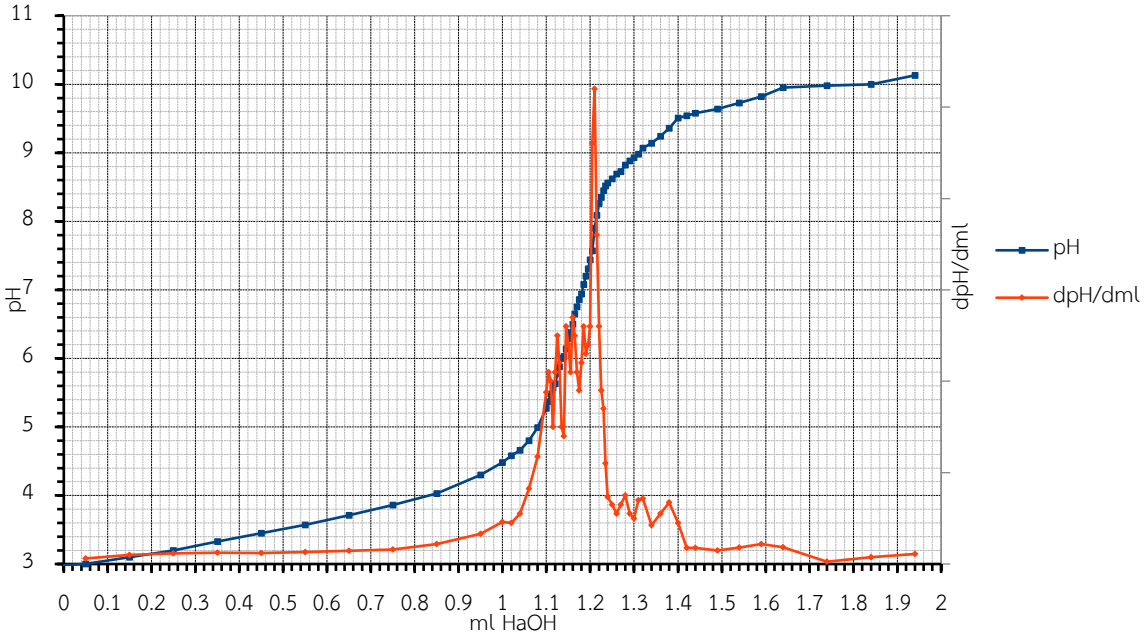
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ช. 83 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	2.91	
0.05	2.95	0.90
0.15	3.06	1.10
0.25	3.17	1.15
0.35	3.29	1.15
0.45	3.4	1.10
0.55	3.51	1.15
0.65	3.63	1.20
0.75	3.75	1.25
0.85	3.88	1.40
0.95	4.03	1.65
1.05	4.21	2.33
1.1	4.34	2.80
1.15	4.49	3.50
1.2	4.69	5.43
1.22	4.81	6.25
1.24	4.94	8.83
1.25	5.04	10.50
1.26	5.15	12.50
1.27	5.29	16.67
1.275	5.38	18.00
1.28	5.47	19.00
1.285	5.57	22.00
1.29	5.69	28.00
1.295	5.85	31.00
1.3	6	22.86
1.302	6.04	30.00
1.304	6.12	40.00
1.306	6.2	37.50
1.308	6.27	27.50
1.31	6.31	30.00
1.312	6.39	37.50
1.314	6.46	25.00
1.316	6.49	20.00
1.318	6.54	30.00
1.32	6.61	30.00
1.322	6.66	32.50
1.324	6.74	32.50
1.326	6.79	30.00
1.328	6.86	32.50
1.33	6.92	32.29
1.335	7.11	32.00
1.34	7.24	32.00
1.345	7.43	39.00
1.35	7.63	34.00
1.355	7.77	35.00
1.36	7.98	39.00
1.365	8.16	46.00
1.37	8.44	51.00
1.375	8.67	41.00
1.38	8.85	30.00
1.385	8.97	23.00
1.39	9.08	19.00
1.395	9.16	15.00
1.4	9.23	13.00
1.41	9.34	10.00
1.42	9.43	8.17
1.44	9.56	5.75
1.46	9.66	4.50
1.48	9.74	3.75
1.5	9.81	3.24
1.55	9.94	2.40
1.6	10.05	1.90
1.65	10.13	1.46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4632 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 82 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 4

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 4

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2116g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0299 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0012 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.049 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.35
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.10
Total wt% ของ H_2O_2	19.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

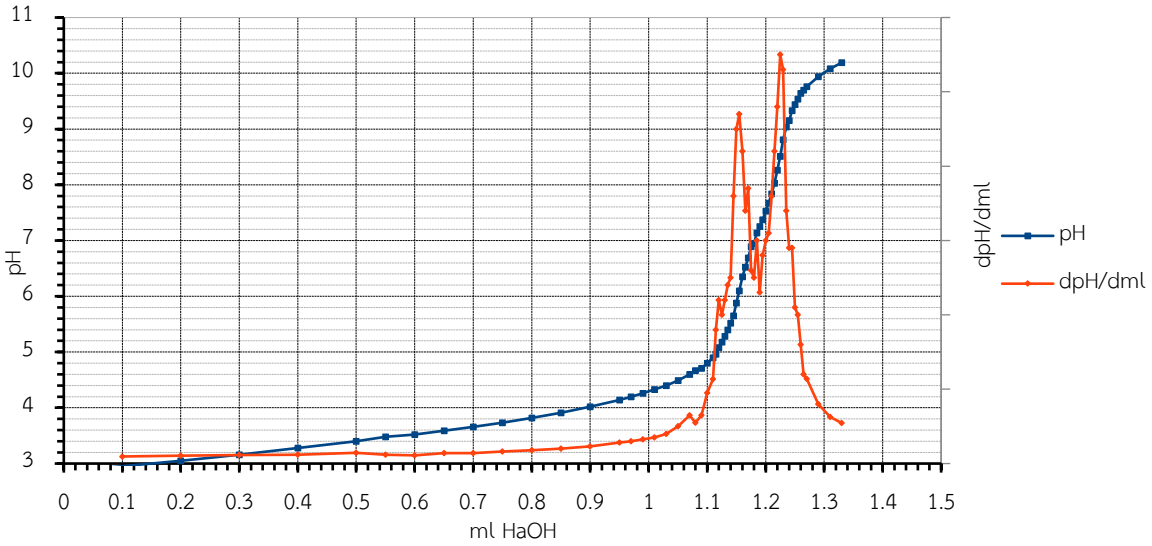
ตาราง ช. 84 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0	2.98	
0.05	3	0.60
0.15	3.1	1.00
0.25	3.2	1.15
0.35	3.33	1.25
0.45	3.45	1.20
0.55	3.57	1.30
0.65	3.71	1.45
0.75	3.86	1.60
0.85	4.03	2.20
0.95	4.3	3.30
1	4.48	4.60
1.02	4.58	4.50
1.04	4.66	5.50
1.06	4.8	8.25
1.08	4.99	11.75
1.1	5.27	18.80
1.105	5.37	21.00
1.11	5.48	20.00
1.115	5.57	15.00
1.12	5.63	21.00
1.125	5.78	25.00
1.13	5.88	22.00
1.135	6	15.00
1.14	6.03	14.00
1.145	6.14	26.00
1.15	6.29	24.00
1.155	6.38	21.00
1.16	6.5	27.00
1.165	6.65	25.00
1.17	6.75	21.00
1.175	6.86	19.00
1.18	6.94	22.00
1.185	7.08	26.00
1.19	7.2	23.00
1.195	7.31	24.00
1.2	7.44	26.00
1.205	7.57	46.00
1.21	7.9	52.00
1.215	8.09	36.00
1.22	8.26	26.00
1.225	8.35	19.00
1.23	8.45	17.00
1.235	8.52	11.00
1.24	8.56	7.33
1.25	8.62	6.50
1.26	8.69	5.50
1.27	8.73	6.50
1.28	8.82	7.50
1.29	8.88	5.50
1.3	8.93	5.00
1.31	8.98	7.00
1.32	9.07	7.17
1.34	9.14	4.25
1.36	9.24	5.50
1.38	9.36	6.75
1.4	9.51	4.50
1.42	9.54	1.75
1.44	9.58	1.77
1.49	9.64	1.50
1.54	9.73	1.80
1.59	9.82	2.20
1.64	9.95	1.83
1.74	9.98	0.25
1.84	10	0.75
1.94	10.13	1.09

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 ml

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.115 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 83 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 10

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 10

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2023 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	24.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.048 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.74
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.96
Total wt% ของ H_2O_2	24.701

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 85 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterนาทีที่ 10

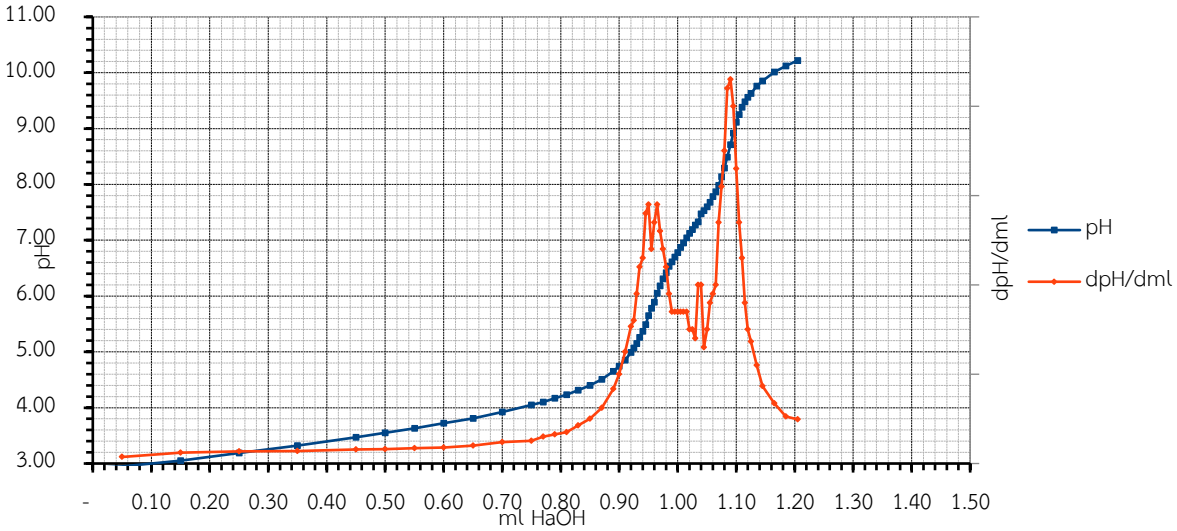
ml	pH	dpH/dml
0	2.86	
0.1	2.95	0.95
0.2	3.05	1.05
0.3	3.16	1.15
0.4	3.28	1.20
0.5	3.4	1.47
0.55	3.48	1.20
0.6	3.52	1.10
0.65	3.59	1.40
0.7	3.66	1.40
0.75	3.73	1.60
0.8	3.82	1.80
0.85	3.91	2.00
0.9	4.02	2.30
0.95	4.14	2.83
0.97	4.2	3.00
0.99	4.26	3.25
1.01	4.33	3.50
1.03	4.4	4.00
1.05	4.49	5.00
1.07	4.6	6.50
1.08	4.67	5.50
1.09	4.71	6.50
1.1	4.8	9.50
1.11	4.9	11.33
1.115	4.96	18.00
1.12	5.08	22.00

ml	pH	dpH/dml
1.125	5.18	20.00
1.13	5.28	22.00
1.135	5.4	24.00
1.14	5.52	25.00
1.145	5.65	36.00
1.15	5.88	45.00
1.155	6.1	47.00
1.16	6.35	42.00
1.165	6.52	34.00
1.17	6.69	37.00
1.175	6.89	26.00
1.18	6.95	25.00
1.185	7.14	30.00
1.19	7.25	23.00
1.195	7.37	28.00
1.2	7.53	30.00
1.205	7.67	31.00
1.21	7.84	36.00
1.215	8.03	42.00
1.22	8.26	48.00
1.225	8.51	55.00
1.23	8.81	53.00
1.235	9.04	34.00
1.24	9.15	29.00
1.245	9.33	29.00
1.25	9.44	21.00
1.255	9.54	20.00

ml	pH	dpH/dml
1.26	9.64	16.00
1.265	9.7	12.00
1.27	9.76	11.40
1.29	9.94	8.00
1.31	10.08	6.25
1.33	10.19	5.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1136 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 84 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 60

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 60

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2103 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	24.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0476 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.66
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.87
Total wt% ของ H_2O_2	24.52

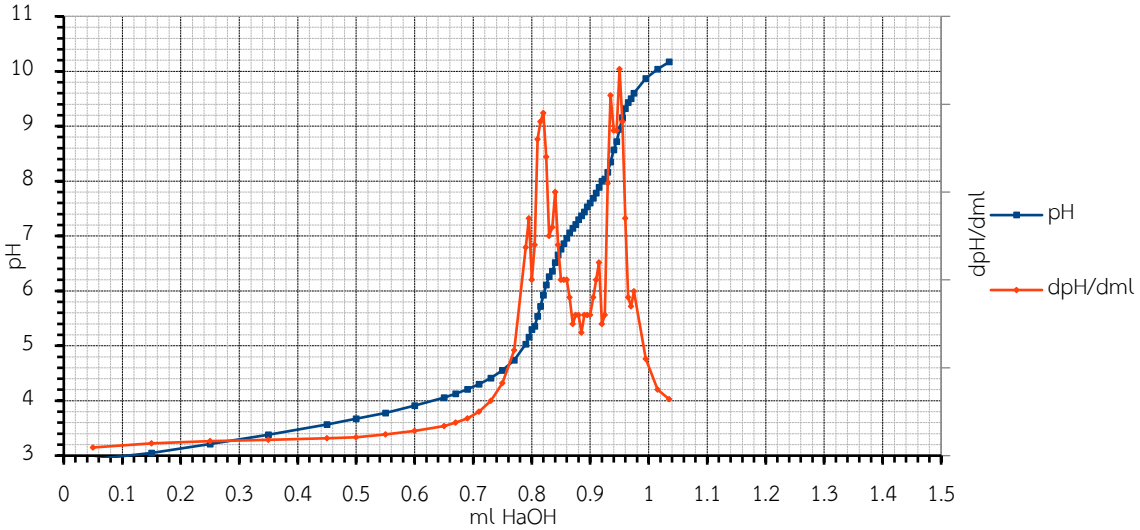
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 86 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterนาทีที่ 60

ml	pH	dpH/dml
-	2.92	
0.05	2.95	0.73
0.15	3.05	1.20
0.25	3.19	1.35
0.35	3.32	1.40
0.45	3.47	1.57
0.50	3.55	1.60
0.55	3.63	1.70
0.60	3.72	1.80
0.65	3.81	2.00
0.70	3.92	2.40
0.75	4.05	2.53
0.77	4.10	3.00
0.79	4.17	3.25
0.81	4.23	3.50
0.83	4.31	4.25
0.85	4.40	5.00
0.87	4.51	6.25
0.89	4.65	8.33
0.90	4.74	10.00
0.91	4.85	12.50
0.92	4.99	15.33
0.93	5.07	16.00
0.93	5.15	19.00
0.94	5.26	22.00
0.94	5.37	23.00
0.95	5.49	28.00
0.95	5.65	29.00
0.96	5.78	24.00
0.96	5.89	27.00
0.97	6.05	29.00
0.97	6.18	26.00
0.98	6.31	24.00
0.98	6.42	22.00
0.99	6.53	19.00
0.99	6.61	17.00
1.00	6.70	17.00
1.00	6.78	17.00
1.01	6.87	17.00
1.01	6.95	17.00
1.02	7.04	17.00
1.02	7.12	15.00
1.03	7.19	15.00
1.03	7.27	14.00
1.04	7.33	20.00
1.04	7.47	20.00
1.05	7.53	13.00
1.05	7.60	15.00
1.06	7.68	18.00
1.06	7.78	19.00
1.07	7.87	20.00
1.07	7.98	27.00
1.08	8.14	31.00
1.08	8.29	35.00
1.09	8.49	42.00
1.09	8.71	43.00
1.10	8.92	40.00
1.10	9.11	33.00
1.11	9.25	27.00
1.11	9.38	23.00
1.12	9.48	18.00
1.12	9.56	15.00
1.13	9.63	13.67
1.14	9.76	11.00
1.15	9.85	8.67
1.17	10.01	6.75
1.19	10.12	5.25
1.21	10.22	4.94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0995 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 85 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 90

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 90

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2072 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0013 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0453 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	21.86
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.90
Total wt% ของ H_2O_2	23.76
wt% ของ H_2O_2	23.76010664

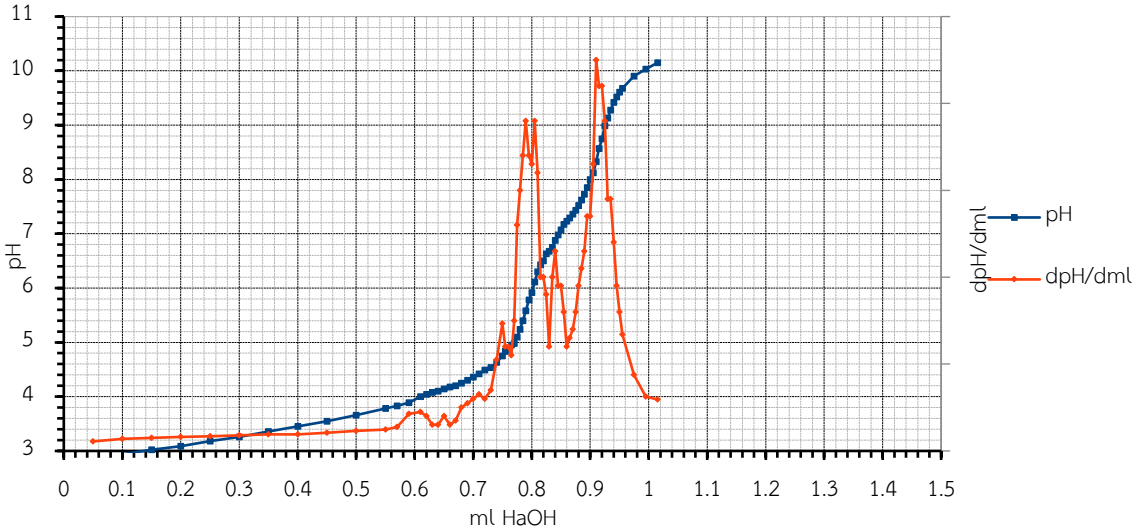
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 87 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterนาทีที่ 90

ml	pH	dpH/dml
0	2.89	
0.05	2.93	0.93
0.15	3.05	1.40
0.25	3.21	1.65
0.35	3.38	1.80
0.45	3.57	1.97
0.5	3.67	2.10
0.55	3.78	2.40
0.6	3.91	2.80
0.65	4.06	3.36
0.67	4.13	3.75
0.69	4.21	4.25
0.71	4.3	5.00
0.73	4.41	6.25
0.75	4.55	8.25
0.77	4.74	12.00
0.79	5.03	23.70
0.795	5.16	27.00
0.8	5.3	20.00
0.805	5.36	24.00
0.81	5.54	36.00
0.815	5.72	38.00
0.82	5.92	39.00
0.825	6.11	34.00
0.83	6.26	25.00
0.835	6.36	26.00
0.84	6.52	30.00
0.845	6.66	24.00
0.85	6.76	20.00
0.855	6.86	20.00
0.86	6.96	20.00
0.865	7.06	18.00
0.87	7.14	15.00
0.875	7.21	16.00
0.88	7.3	16.00
0.885	7.37	14.00
0.89	7.44	16.00
0.895	7.53	16.00
0.9	7.6	16.00
0.905	7.69	18.00
0.91	7.78	20.00
0.915	7.89	22.00
0.92	8	15.00
0.925	8.04	16.00
0.93	8.16	31.00
0.935	8.35	41.00
0.94	8.57	37.00
0.945	8.72	37.00
0.95	8.94	44.00
0.955	9.16	38.00
0.96	9.32	27.00
0.965	9.43	18.00
0.97	9.5	17.00
0.975	9.6	18.70
0.995	9.87	11.00
1.015	10.04	7.50
1.035	10.17	6.43

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 86 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) นาทีที่ 120

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่นาทีที่ 120

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1953 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.2ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00127 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0433 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.20
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.81
Total wt% ของ H_2O_2	24.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

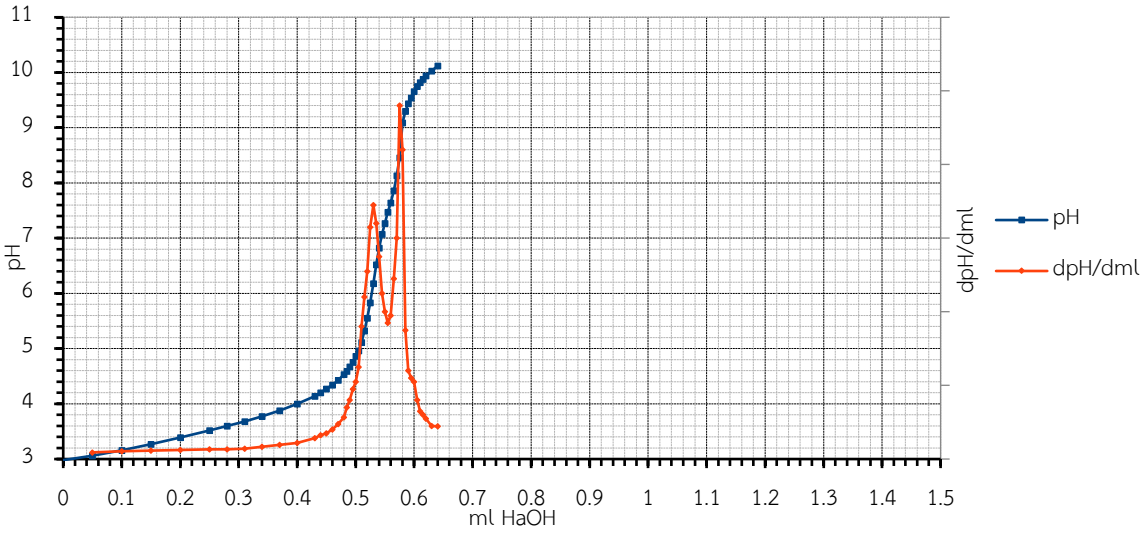
ตาราง ช. 88 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterนาทีที่ 120

ml	pH	dpH/dml
0	2.83	
0.05	2.88	1.10
0.1	2.94	1.40
0.15	3.02	1.50
0.2	3.09	1.60
0.25	3.18	1.70
0.3	3.26	1.80
0.35	3.36	1.90
0.4	3.45	1.90
0.45	3.55	2.10
0.5	3.66	2.30
0.55	3.78	2.47
0.57	3.83	2.75
0.59	3.89	4.25
0.61	4	4.50
0.62	4.04	4.00
0.63	4.08	3.00
0.64	4.1	3.00
0.65	4.14	4.00
0.66	4.18	3.00
0.67	4.2	3.50
0.68	4.25	5.00
0.69	4.3	5.50
0.7	4.36	6.00
0.71	4.42	6.50
0.72	4.49	6.00
0.73	4.54	7.00
0.74	4.63	10.50
0.75	4.75	14.67
0.755	4.83	12.00
0.76	4.87	12.00
0.765	4.95	11.00
0.77	4.98	15.00
0.775	5.1	26.00
0.78	5.24	30.00
0.785	5.4	34.00
0.79	5.58	38.00
0.795	5.78	34.00
0.8	5.92	33.00
0.805	6.11	38.00
0.81	6.3	32.00
0.815	6.43	20.00
0.82	6.5	20.00
0.825	6.63	18.00
0.83	6.68	12.00
0.835	6.75	20.00
0.84	6.88	23.00
0.845	6.98	19.00
0.85	7.07	19.00
0.855	7.17	16.00
0.86	7.23	12.00
0.865	7.29	13.00
0.87	7.36	14.00
0.875	7.43	16.00
0.88	7.52	19.00
0.885	7.62	21.00
0.89	7.73	23.00
0.895	7.85	27.00
0.9	8	27.00
0.905	8.12	33.00
0.91	8.33	45.00
0.915	8.57	42.00
0.92	8.75	42.00
0.925	8.99	38.00
0.93	9.13	29.00
0.935	9.28	29.00
0.94	9.42	24.00
0.945	9.52	19.00
0.95	9.61	16.00
0.955	9.68	13.40
0.975	9.9	8.75
0.995	10.03	6.25
1.015	10.15	5.92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด 0.1069 g

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.4622 M



รูป ช. 87 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1956 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.2ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.001001 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.035 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.6
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.88
Total wt% ของ H_2O_2	18.55

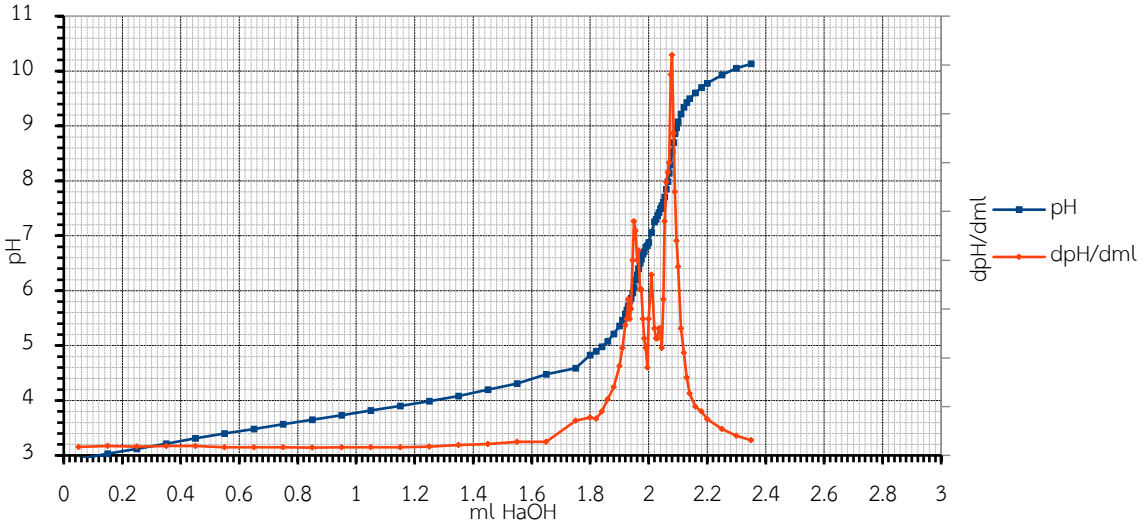
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 89 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	2.98	
0.05	3.06	1.80
0.1	3.16	2.10
0.15	3.27	2.30
0.2	3.39	2.50
0.25	3.52	2.64
0.28	3.6	2.67
0.31	3.68	2.83
0.34	3.77	3.33
0.37	3.88	3.83
0.4	4	4.33
0.43	4.14	5.67
0.44	4.2	6.50
0.45	4.27	7.00
0.46	4.34	8.00
0.47	4.43	9.50
0.48	4.53	11.33
0.485	4.59	14.00
0.49	4.67	16.00
0.495	4.75	19.00
0.5	4.86	21.00
0.505	4.96	25.00
0.51	5.11	36.00
0.515	5.32	44.00
0.52	5.55	51.00
0.525	5.83	63.00
0.53	6.18	69.00
0.535	6.52	64.00
0.54	6.82	55.00
0.545	7.07	45.00
0.55	7.27	40.00
0.555	7.47	37.00
0.56	7.64	39.00
0.565	7.86	49.00
0.57	8.13	60.00
0.575	8.46	96.00
0.58	9.09	84.00
0.585	9.3	35.00
0.59	9.44	24.00
0.595	9.54	22.00
0.6	9.66	21.00
0.605	9.75	16.00
0.61	9.82	13.00
0.615	9.88	12.00
0.62	9.94	11.00
0.63	10.03	9.00
0.64	10.12	8.89

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4681 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 88 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2025 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0009 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0308 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.24
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.42
Total wt% ของ H_2O_2	15.66

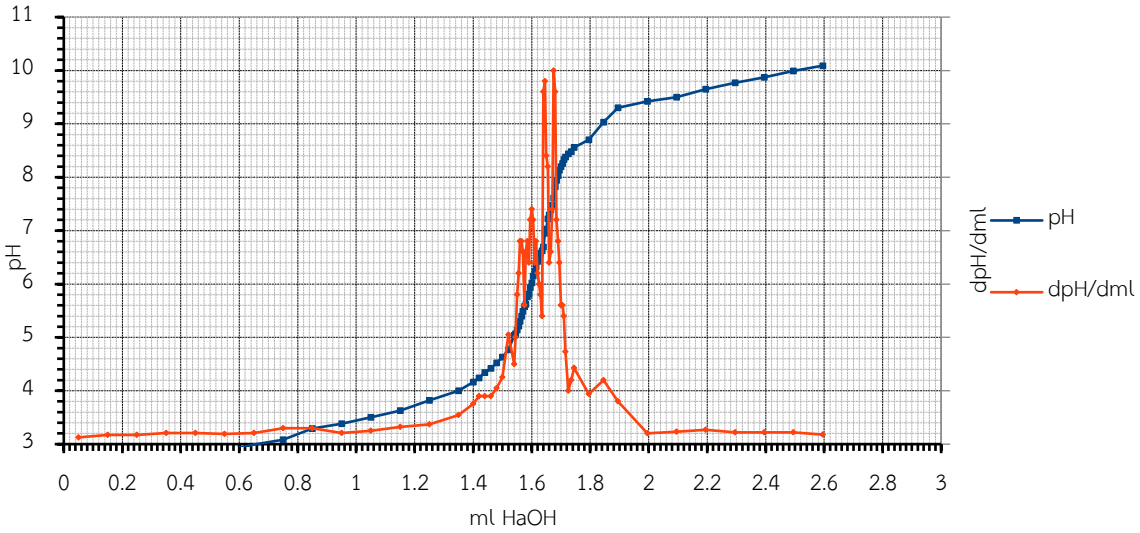
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 90 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	2.89	
0.05	2.93	0.87
0.15	3.03	0.95
0.25	3.12	0.90
0.35	3.21	0.95
0.45	3.31	0.95
0.55	3.4	0.85
0.65	3.48	0.85
0.75	3.57	0.85
0.85	3.65	0.80
0.95	3.73	0.85
1.05	3.82	0.85
1.15	3.9	0.85
1.25	3.99	0.90
1.35	4.08	1.05
1.45	4.2	1.15
1.55	4.31	1.40
1.65	4.48	1.40
1.75	4.59	3.57
1.8	4.83	3.87
1.82	4.9	3.75
1.84	4.98	4.50
1.86	5.08	5.75
1.88	5.21	7.00
1.9	5.36	9.17
1.91	5.46	11.00
1.92	5.58	13.33
1.925	5.65	14.00
1.93	5.72	16.00
1.935	5.81	14.00
1.94	5.86	15.00
1.945	5.96	20.00
1.95	6.06	24.00
1.955	6.2	23.00
1.96	6.29	20.00
1.965	6.4	21.00
1.97	6.5	17.00
1.975	6.57	17.00
1.98	6.67	14.00
1.985	6.71	12.00
1.99	6.79	11.00
1.995	6.82	9.00
2	6.88	14.00
2.01	7.06	18.50
2.02	7.25	13.00
2.025	7.3	12.00
2.03	7.37	12.00
2.035	7.42	13.00
2.04	7.5	13.00
2.045	7.55	11.00
2.05	7.61	16.00
2.055	7.71	24.00
2.06	7.85	28.00
2.065	7.99	29.00
2.07	8.14	30.00
2.075	8.29	39.00
2.08	8.53	41.00
2.085	8.7	33.00
2.09	8.86	27.00
2.095	8.97	22.00
2.1	9.08	19.33
2.11	9.22	13.00
2.12	9.34	10.50
2.13	9.43	8.00
2.14	9.5	6.33
2.16	9.6	5.00
2.18	9.7	4.50
2.2	9.78	3.71
2.25	9.93	2.70
2.3	10.05	2.00
2.35	10.13	1.54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5069 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



รูป ช. 89 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2063 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0229 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0008 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.030 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	14.57
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.36
Total wt% ของ H_2O_2	14.93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 91 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 3

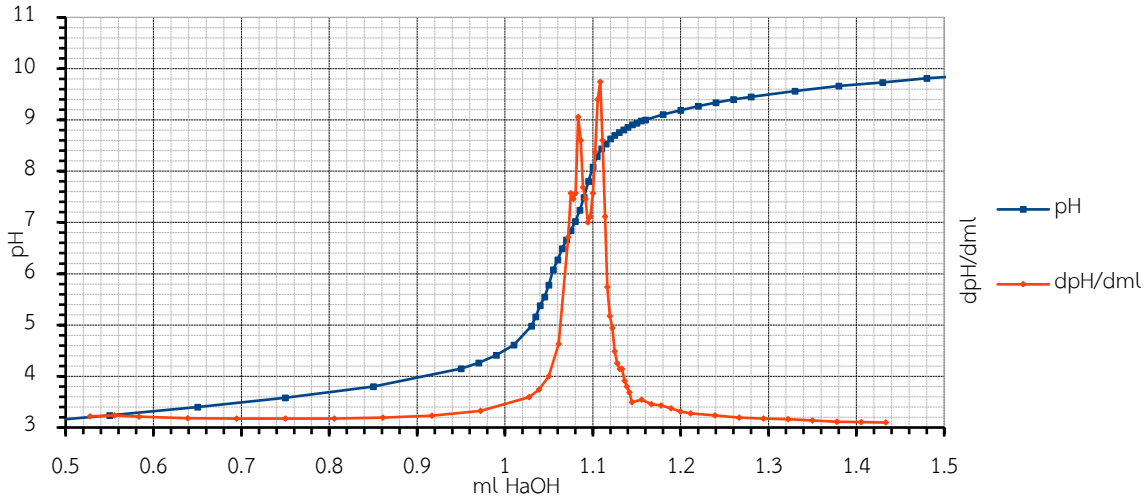
ml	pH	dpH/dml
0	2.39	
0.05	2.42	0.63
0.15	2.49	0.85
0.25	2.59	0.85
0.35	2.66	1.05
0.45	2.8	1.05
0.55	2.87	0.95
0.65	2.99	1.05
0.75	3.08	1.50
0.85	3.29	1.50
0.95	3.38	1.05
1.05	3.5	1.25
1.15	3.63	1.60
1.25	3.82	1.85
1.35	4	2.73
1.4	4.16	3.77
1.42	4.24	4.50
1.44	4.34	4.50
1.46	4.42	4.50
1.48	4.52	5.25
1.5	4.63	6.25
1.52	4.77	10.25
1.54	5.04	7.50
1.545	5.07	10.00
1.55	5.14	14.00
1.555	5.21	16.00
1.56	5.3	19.00
1.565	5.4	19.00
1.57	5.49	18.00
1.575	5.58	13.00
1.58	5.62	18.00
1.585	5.76	19.00
1.59	5.81	17.00
1.595	5.93	21.00
1.6	6.02	22.00
1.605	6.15	21.00
1.61	6.23	17.00
1.615	6.32	19.00
1.62	6.42	16.00
1.625	6.48	15.00
1.63	6.57	14.00
1.635	6.62	12.00
1.64	6.69	33.00
1.645	6.95	34.00
1.65	7.03	27.00
1.655	7.22	26.00
1.66	7.29	17.00
1.665	7.39	18.00
1.67	7.47	22.00
1.675	7.61	35.00
1.68	7.82	33.00
1.685	7.94	21.00
1.69	8.03	19.00
1.695	8.13	17.00
1.7	8.2	13.00
1.705	8.26	13.00
1.71	8.33	12.00
1.715	8.38	8.67
1.725	8.44	5.00
1.735	8.48	6.00
1.745	8.56	7.13
1.795	8.7	4.70
1.845	9.03	6.00
1.895	9.3	4.00
1.995	9.42	1.00
2.095	9.5	1.15
2.195	9.65	1.35
2.295	9.77	1.10
2.395	9.87	1.10
2.495	9.99	1.10
2.595	10.09	0.88

ใช้โปรแกร fityk เข้ามาช่วยในการหาจุดสมมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.124 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 90 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 0

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 0

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2362 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	31.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0283 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0022 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.076 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	32.33
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.60
Total wt% ของ H_2O_2	32.94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

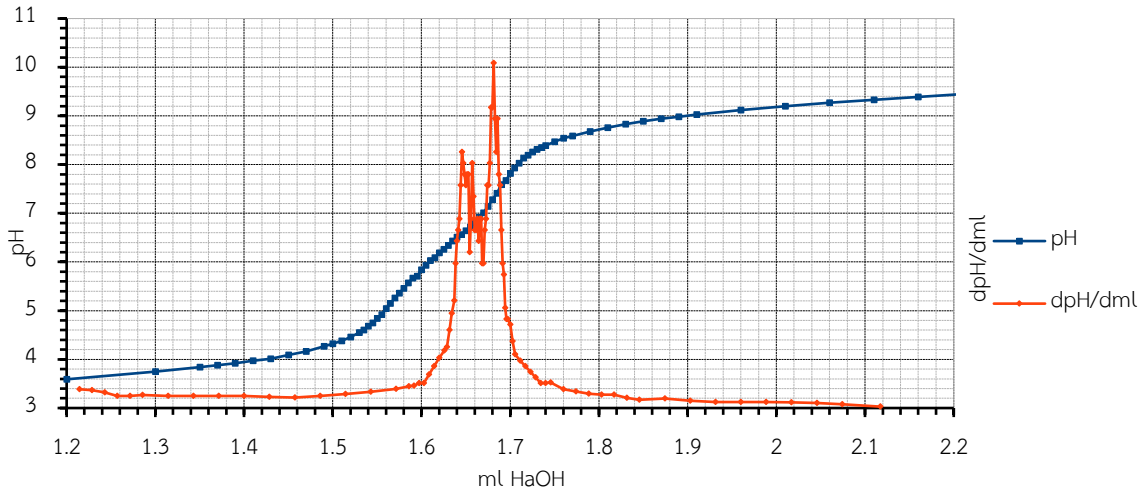
ตาราง ช. 92 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 0

ml	pH	dpH/dml
0	2.33	
0.05	2.41	1.90
0.1	2.52	2.10
0.15	2.62	1.87
0.25	2.78	1.60
0.35	2.94	1.55
0.45	3.09	1.50
0.55	3.24	1.55
0.65	3.4	1.70
0.75	3.58	2.00
0.85	3.8	2.85
0.95	4.15	5.17
0.97	4.26	6.50
0.99	4.41	8.75
1.01	4.61	14.25
1.03	4.98	32.50
1.035	5.16	40.00
1.04	5.38	39.00
1.045	5.55	40.00
1.05	5.78	53.00
1.055	6.08	49.00
1.06	6.27	41.00
1.065	6.49	39.00
1.07	6.66	35.00
1.075	6.84	36.00
1.08	7.02	40.00
1.085	7.24	47.00
1.09	7.49	56.00

ml	pH	dpH/dml
1.095	7.8	59.00
1.1	8.08	49.00
1.105	8.29	36.00
1.11	8.44	24.00
1.115	8.53	19.00
1.12	8.63	17.00
1.125	8.7	13.00
1.13	8.76	11.00
1.135	8.81	10.00
1.14	8.86	10.00
1.145	8.91	8.00
1.15	8.94	7.00
1.155	8.98	6.00
1.16	9	4.30
1.18	9.11	4.75
1.2	9.19	4.00
1.22	9.27	3.75
1.24	9.34	3.25
1.26	9.4	2.75
1.28	9.45	2.41
1.33	9.56	2.10
1.38	9.66	1.70
1.43	9.73	1.50
1.48	9.81	1.40
1.53	9.87	1.20
1.58	9.93	1.00
1.63	9.97	0.90
1.68	10.02	0.85

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3147 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 91 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 1

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2251 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0287 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0017 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.058 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.77
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.45
Total wt% ของ H_2O_2	26.21

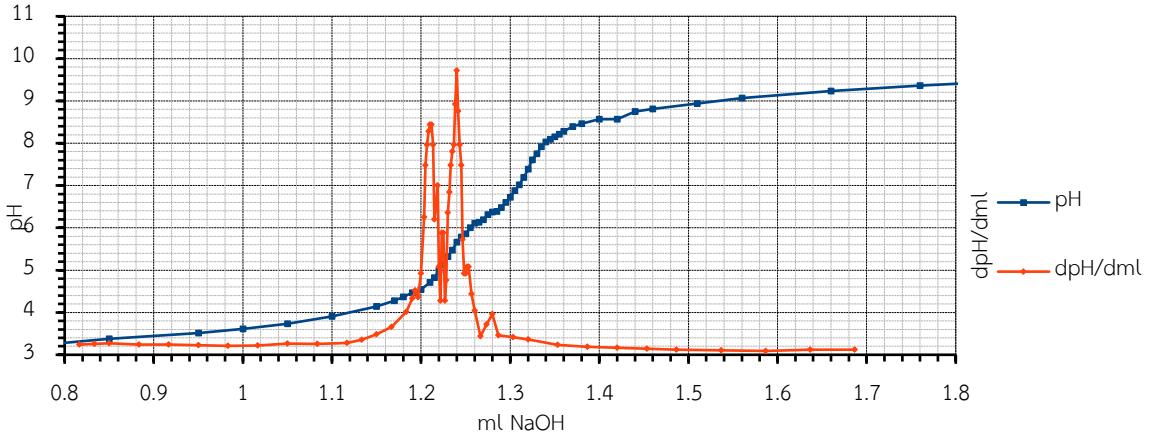
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 93 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0	2.18	
0.05	2.27	1.70
0.1	2.35	1.60
0.15	2.43	1.40
0.2	2.49	1.10
0.25	2.54	1.10
0.3	2.6	1.17
0.4	2.71	1.10
0.5	2.82	1.10
0.6	2.93	1.10
0.7	3.04	1.10
0.8	3.15	1.00
0.9	3.24	0.95
1	3.34	1.10
1.1	3.46	1.25
1.2	3.59	1.45
1.3	3.75	1.73
1.35	3.84	1.94
1.37	3.88	2.00
1.39	3.92	2.25
1.41	3.97	2.25
1.43	4.01	3.00
1.45	4.09	3.75
1.47	4.16	4.50
1.49	4.27	5.17
1.5	4.32	5.50
1.51	4.38	7.00
1.52	4.46	8.50
1.53	4.55	9.67
1.535	4.6	13.00
1.54	4.68	15.00
1.545	4.75	16.00
1.55	4.84	17.00
1.555	4.92	20.00
1.56	5.04	23.00
1.565	5.15	22.00
1.57	5.26	21.00
1.575	5.36	20.00
1.58	5.46	21.00
1.585	5.57	21.00
1.59	5.67	14.00
1.595	5.71	17.00
1.6	5.84	22.00
1.605	5.93	19.00
1.61	6.03	16.00
1.615	6.09	16.00
1.62	6.19	17.00
1.625	6.26	15.00
1.63	6.34	17.00
1.635	6.43	17.00
1.64	6.51	13.00
1.645	6.56	13.00
1.65	6.64	16.00
1.655	6.72	17.00
1.66	6.81	20.00
1.665	6.92	20.00
1.67	7.01	22.00
1.675	7.14	27.00
1.68	7.28	27.00
1.685	7.41	31.00
1.69	7.59	26.00
1.695	7.67	23.00
1.7	7.82	26.00
1.705	7.93	21.00
1.71	8.03	20.00
1.715	8.13	16.00
1.72	8.19	13.00
1.725	8.26	12.00
1.73	8.31	9.00
1.735	8.35	8.00
1.74	8.39	8.00
1.75	8.47	7.50
1.76	8.54	6.00
1.77	8.59	4.83
1.79	8.68	4.25
1.81	8.76	3.75
1.83	8.83	3.25
1.85	8.89	2.75
1.87	8.94	2.25
1.89	8.98	2.25
1.91	9.03	2.30
1.96	9.12	1.70
2.01	9.2	1.50
2.06	9.27	1.30
2.11	9.33	1.20
2.16	9.39	1.20
2.21	9.45	0.90
2.26	9.48	0.73
2.36	9.58	0.85
2.46	9.65	0.65
2.56	9.71	0.55
2.66	9.76	0.55
2.76	9.82	0.55
2.86	9.87	0.50
2.96	9.92	0.45
3.06	9.96	0.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3241 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 92 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 2

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2186 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0286 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.051 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.19
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.33
Total wt% ของ H_2O_2	23.53

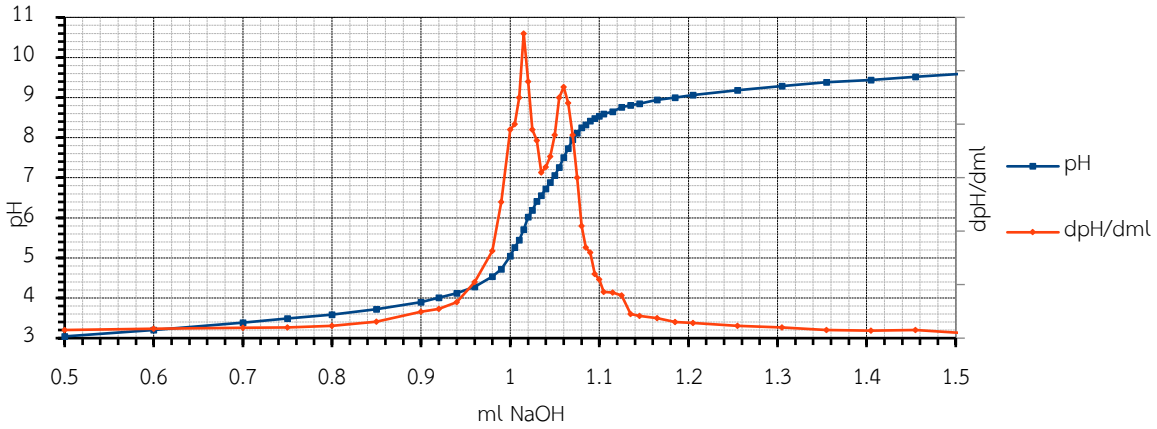
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 94 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0	2.1	
0.05	2.18	1.50
0.1	2.25	1.60
0.15	2.34	1.70
0.25	2.49	1.50
0.35	2.64	1.50
0.45	2.79	1.40
0.55	2.92	1.30
0.65	3.05	1.35
0.75	3.19	1.65
0.85	3.38	1.60
0.95	3.51	1.77
1	3.61	2.20
1.05	3.73	3.00
1.1	3.91	4.10
1.15	4.14	6.31
1.17	4.28	8.33
1.18	4.37	9.50
1.19	4.47	8.50
1.2	4.54	12.00
1.21	4.71	20.33
1.215	4.82	28.00
1.22	4.99	31.00
1.225	5.13	33.00
1.23	5.32	34.00
1.235	5.47	34.00
1.24	5.66	31.00
1.245	5.78	20.00
1.25	5.86	22.00
1.255	6	25.00
1.26	6.11	13.00
1.265	6.13	8.00
1.27	6.19	18.00
1.275	6.31	18.00
1.28	6.37	8.00
1.285	6.39	11.00
1.29	6.48	21.00
1.295	6.6	24.00
1.3	6.72	28.00
1.305	6.88	30.00
1.31	7.02	31.00
1.315	7.19	37.00
1.32	7.39	42.00
1.325	7.61	36.00
1.33	7.75	31.00
1.335	7.92	28.00
1.34	8.03	17.00
1.345	8.09	12.00
1.35	8.15	12.00
1.355	8.21	13.00
1.36	8.28	13.00
1.37	8.39	9.00
1.38	8.46	6.50
1.4	8.57	2.75
1.42	8.57	4.50
1.44	8.75	6.00
1.46	8.81	2.89
1.51	8.94	2.60
1.56	9.07	2.27
1.66	9.23	1.45
1.76	9.36	1.20
1.86	9.47	1.05
1.96	9.57	0.90
2.06	9.65	0.75
2.21	9.75	0.63
2.36	9.84	0.57
2.51	9.92	0.73
2.66	10.06	0.76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3218 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



รูป ช. 93 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ค่า dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลืออยู่วันที่ 3

ไทเทรด H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2128 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.0286 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.0015 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.049 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.36
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.23
Total wt% ของ H_2O_2	23.59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ช. 95 ผลการไทเทรตจากเครื่อง PH meterวันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0	2.21	
0.1	2.37	1.75
0.2	2.56	1.80
0.3	2.73	1.65
0.4	2.89	1.55
0.5	3.04	1.55
0.6	3.2	1.75
0.7	3.39	1.97
0.75	3.49	2.00
0.8	3.59	2.30
0.85	3.72	3.10
0.9	3.9	4.96
0.92	4.01	5.50
0.94	4.12	6.75
0.96	4.28	10.50
0.98	4.54	16.33
0.99	4.72	25.50
1	5.05	39.00
1.005	5.26	40.00
1.01	5.45	45.00
1.015	5.71	57.00
1.02	6.02	48.00
1.025	6.19	39.00
1.03	6.41	37.00
1.035	6.56	31.00
1.04	6.72	32.00
1.045	6.88	34.00
1.05	7.06	38.00
1.055	7.26	45.00
1.06	7.51	47.00
1.065	7.73	44.00
1.07	7.95	38.00
1.075	8.11	30.00
1.08	8.25	21.00
1.085	8.32	17.00
1.09	8.42	16.00
1.095	8.48	12.00
1.1	8.54	11.00
1.105	8.59	8.67
1.115	8.65	8.50
1.125	8.76	8.00
1.135	8.81	4.50
1.145	8.85	4.17
1.165	8.94	3.75
1.185	9	3.00
1.205	9.06	2.83
1.255	9.18	2.30
1.305	9.29	2.00
1.355	9.38	1.50
1.405	9.44	1.40
1.455	9.52	1.50
1.505	9.59	1.00
1.555	9.62	0.73
1.655	9.72	0.90
1.755	9.8	0.75
1.855	9.87	0.70
1.955	9.94	0.65
2.055	10	0.38

สถาบันวิทยบริการ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. Gehr, R., D. Chen, and M. Moreau, *Performic acid (PFA): tests on an advanced primary effluent show promising disinfection performance.* Water Science and Technology, 2009. **59**(1): p. 89-96.
2. HEINONEN-TANSKI, H. and H. MIETTINEN, *PERFORMIC ACID AS A POTENTIAL DISINFECTANT AT LOW TEMPERATURE.* Journal of Food Process Engineering, 2010. **33**(6): p. 1159-1172.
3. Bai, Y., et al., *Conversion of fatty acid methyl ester to epoxy plasticizer by auto-catalyzed in situ formation of performic acid: Kinetic modeling and application of the model.* Journal of Cleaner Production, 2020. **259**: p. 120791.
4. Turco, R., et al., *Epoxidation of Linseed Oil by Performic Acid Produced In Situ.* Industrial & Engineering Chemistry Research, 2021. **60**(46): p. 16607-16618.
5. Jalil, M.J., A. Hadi, and I.S. Azmi, *Catalytic epoxidation of palm oleic acid using in situ generated performic acid – Optimization and kinetic studies.* Materials Chemistry and Physics, 2021. **270**: p. 124754.
6. Fei, M., et al., *Process safety evaluation and reaction mechanism of two step synthesis of tert-butyl hydrogen peroxide.* Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2023. **145**: p. 104776.
7. Gaikwad, S.M., et al., *Process intensification for continuous synthesis of performic acid using Corning advanced-flow reactors.* Green Processing and Synthesis, 2017. **6**(2): p. 189-196.
8. Santacesaria, E., et al., *Kinetics of Performic Acid Synthesis and Decomposition.* Industrial & Engineering Chemistry Research, 2017. **56**(45): p. 12940-12952.
9. Evans, M.G. and N. Uri, *The dissociation constant of hydrogen peroxide and the electron affinity of the HO2 radical.* Transactions of the Faraday Society, 1949. **45**(0): p. 224-230.
10. Jolhe, P.D., et al., *Ultrasound assisted synthesis of performic acid in a continuous flow microstructured reactor.* Ultrason Sonochem, 2017. **39**: p. 153-159.
11. Gehr, R., D. Chen, and M. Moreau, *Performic acid (PFA): Tests on an advanced primary effluent show promising disinfection performance.* Water science and technology : a journal

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

of the International Association on Water Pollution Research, 2009. **59**: p. 89-96.

12. Paunovic, V., J.C. Schouten, and T.A. Nijhuis, *Direct synthesis of hydrogen peroxide using concentrated H2 and O2 mixtures in a wall-coated microchannel – kinetic study.* Applied Catalysis A: General, 2015. **505**: p. 249-259.
13. Ruiz-Sánchez, A. and G.T. Lapidus, *Decomposition of organic additives in the oxidative chalcopyrite leaching with hydrogen peroxide.* Minerals Engineering, 2022. **187**: p. 107783.
14. Easton, M.F., A.G. Mitchell, and W.F.K. Wynne-Jones, *The behaviour of mixtures of hydrogen peroxide and water. Part 1.—Determination of the densities of mixtures of hydrogen peroxide and water.* Transactions of The Faraday Society, 1952. **48**: p. 796-801.
15. Zhen, W., et al., *Enhancing hydrogen generation via fabricating peroxide decomposition layer over NiSe/MnO2-CdS catalyst.* Journal of Catalysis, 2018. **367**: p. 269-282.
16. Rastinfard, A., B. Dalisson, and J. Barralet, *Aqueous decomposition behavior of solid peroxides: Effect of pH and buffer composition on oxygen and hydrogen peroxide formation.* Acta Biomaterialia, 2022. **145**: p. 390-402.
17. Teo, H.W.B., A. Chakraborty, and S. Kayal, *Formic acid modulated (fam) aluminium fumarate MOF for improved isotherms and kinetics with water adsorption: Cooling/heat pump applications.* Microporous and Mesoporous Materials, 2018. **272**: p. 109-116.
18. Sofian, M., et al., *Sm2O3 promoted Pd/rGO electrocatalyst for formic acid oxidation.* International Journal of Hydrogen Energy, 2023.
19. Wang, Y., et al., *Dealloyed platinum-copper with isolated Pt atom surface: Facile synthesis and promoted dehydrogenation pathway of formic acid electro-oxidation.* Journal of Electroanalytical Chemistry, 2017. **799**: p. 78-83.
20. Nassef, H.M., A.H. Bashal, and A.M. Othman, *Electrochemical determination of formic acid using Cu-TiO2-NAF nanocomposite grafted onto Pt electrode.* Microchemical Journal, 2023. **184**: p. 108140.
21. Buras, Z.J., et al., *Simulated production of OH, HO2, CH2O, and CO2 during dilute fuel oxidation can predict 1st-stage ignition delays.* Combustion and Flame, 2020. **216**: p. 472-484.
22. Cheng, C., et al., *A review of measurement methods for peracetic acid (PAA).* Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2020. **14**(5): p. 87.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

23. Luukkonen, T., et al., *Comparison of organic peracids in wastewater treatment: Disinfection, oxidation and corrosion.* Water Research, 2015. **85**: p. 275-285.

24. Biza, P., E. Costa, and M. Likitalo, *ECOBRIGHT -A BLEACHING TECHNOLOGY IMPROVING COSTS, QUALITY AND ENVIRONMENT*. 2020.

25. Bray, W. and R. Livingston, *The catalytic decomposition of hydrogen peroxide in a bromine-bromide solution, and a study of the steady state.* Journal of the American Chemical Society, 2002. **45**.

26. Monger, J.M. and O. Redlich, *Peroxysulfuric Acid And Peroxyformic Acid. Equilibrium And Formation Rate.* The Journal of Physical Chemistry, 1956. **60**(6): p. 797-799.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วนิดา มลาภูมิ
วัน เดือน ปี เกิด	8 เมษายน 2541
สถานที่เกิด	ชลบุรี
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ณ โรงเรียนสัตหีบวิทยาคม ชลบุรี และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมีสาขาวิศวกรรมเคมีมหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ. 2564
ที่อยู่ปัจจุบัน	142/17 m.10 Chonburi 20150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University