ผลของชนิดกรดที่มีต่อระยะการเกิดและเสถียรภาพของกรดเปอร์ฟอร์มิก

น.ส.ณัฏฐณิชา วิปัชชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ACID TYPE ON FORMATION DURATION AND STABILITY OF PERFORMIC ACID

Miss Natthanicha Viputcha

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	ผลของชนิดกรดที่มีต่อระยะการเกิดและเสถียรภาพของกรดเปอร์ฟอร์มิก
โดย	น.ส.ณัฏฐณิชา วิปัชชา
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ธราธร มงคลศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พร พลเพชร)

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

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เมริกา ฉันทานุมัติอาภรณ์)

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฏฐณิชา วิปัชชา : ผลของชนิดกรดที่มีต่อระยะการเกิดและเสถียรภาพของกรดเปอร์ฟอร์มิก. (EFFECTS OF ACID TYPE ON FORMATION DURATION AND STABILITY OF PERFORMIC ACID) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.ธราธร มงคลศรี

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นกรดอนินทรีย์ที่มีผลต่อระยะเวลาการเกิด ความเสถียร และการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยกรดที่นำมาศึกษามีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4), กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4), กรดไนตริก (HNO_3) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl) การสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกทำโดยการผสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดฟอร์มิก น้ำ และสารละลายกรด ในขวดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ตัวอย่างมีทั้งที่มีการเติมและไม่เติมสารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทดลองทำที่อุณหภูมิห้อง และติดตามการเปลี่ยนแปลงของกรดฟอร์มิกและเปอร์ฟอร์มิกด้วยเทคนิคการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หาปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือด้วยการไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จากผลการทดลองพบว่าการมีกรดซัลฟิวริกในปฏิกิริยาสามารถเพิ่มอัตราการเกิดของกรดเปอร์ฟอร์มิกได้มากขึ้นและช่วยลดการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก สำหรับกรดฟอสฟอริกและกรดไนตริกจะไม่มีผลต่ออัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก แต่ช่วยชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกได้ ในขณะที่กรดไฮโดรคลอริกเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้ไม่เหมาะสำหรับการนำมาผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก นอกจากนี้ยังพบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกที่ผลิตขึ้นมาควรใช้ทันทีภายใน 12 ชั่วโมงหลังจากการเตรียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6470377721 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEYWORD:

Natthanicha Viputcha : EFFECTS OF ACID TYPE ON FORMATION DURATION AND STABILITY OF PERFORMIC ACID. Advisor: Assoc. Prof. THARATHON MONGKHONSI, Ph.D.

This research studied the effects of types and concentrations of inorganic acids on the formation duration, stability, and decomposition of performic. The acids used were sulphuric acid, phosphoric acid, nitric acid, and hydrochloric acid. The synthesis of performic acid (PFA) was carried out by mixing formic acid (FA), hydrogen peroxide (H_2O_2), water and acid solutions in high density polyethylene (HDPE) bottles. The reaction was carried out at room temperature. The concentrations of formic and performic acids were determined by titration with a standard NaOH solution. The concentration of H_2O_2 remained was measured by titration with a standard $KMnO_4$ solution. According to the experimental results, it was found that the presence of sulphuric acid in the reaction not only could increase the formation rate of performic acid but also reduces the decomposition of performic acid. For phosphoric acid and nitric acid, both acids do not affect the reaction rate, but slow down the decomposition of performic acid. Using HCl, however, accelerated the decomposition of H_2O_2 which make it not suitable for the performic acid production. In addition, the experimental also showed that performic acid solution should be used within 12 hours after preparation.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา กิจกรรมต่าง ๆ และให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิต อีกทั้งกำลังที่มีให้ข้าพเจ้าเสมอมา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ โดยได้รับการช่วยเหลือและคำชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาจาก รองศาสตร์จารย์ ดร.ธราธร มงคลศรี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ตลอดจนให้ความรู้ในด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากด้านวิชาการ และนายวรรณดารา อินทรปัญญา นายณพวัสส์ ธัมพิพิธ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่คอยให้ความรู้และความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พร พลเพชร เป็นประธานในการสอบ อาจารย์ ดร.เมริกา ฉันทานุมัติอาภรณ์ เป็นกรรมการในการสอบ และอาจารย์ ดร.ธงชัย กลิ่นหรั่น เป็นกรรมการภายนอก ที่ได้ให้คำแนะนำและคำชี้แนะเกี่ยวกับแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์เพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายข้าพเจ้าขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ ที่คอยให้เป็นกำลังใจ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ณัฏฐณิชา วิปัชชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

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

1.4 โครงสร้างของโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่จะนำเสนอ 4

บทที่ 2 5

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 5

2.2 กรดฟอร์มิก (HCOOH) 6

2.3 กรดเปอร์ฟอร์มิก (CH_2O_3) 7

2.4 การเร่งปฏิกิริยาการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยกรด 8

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

2.6 สรุปการทบทวนวรรณกรรม 13

บทที่ 3 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีการทดลอง 14
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 14
3.2 การเตรียมสารละลายกรด 14
3.3 การเตรียมตัวอย่าง 14
3.4 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารสะลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 15
3.5 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 16
3.6 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการไทเทรต (Titration) 17
3.7 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยด้วยเครื่อง pH meter 17
3.8 การหาปริมาณกรดฟอร์มิก กรดเปอร์ฟอร์มิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 19
บทที่ 4 22
ผลการทดลอง 22
4.1 ผลจากการศึกษาการใช้ชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5 23
4.2 ผลจากการศึกษาการใช้ชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1 66
4.3 ผลจากการศึกษาการใช้กรดชนิดต่าง ๆ ในการผลิตและการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก 109
บทที่ 5 110
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 110
5.1 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5 110
5.2 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1 111
5.3 ข้อเสนอแนะ 111
ภาคผนวก 112
ภาคผนวก ก 113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)..... 113
ภาคผนวก ข..... 114
การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)..... 114
ภาคผนวก ค..... 115
การคำนวณความเข้มข้นโปรตอนของสารละลายกรด..... 115
ภาคผนวก ง..... 117
การหาจุดสมมูลจากกราฟการไทเทรต..... 117
ภาคผนวก จ..... 120
การหาตำแหน่งของจุดสมมูลของกราฟการไทเทรตด้วยโปรแกรม fityk..... 120
ภาคผนวก ฉ..... 127
ตัวอย่างการคำนวณหาค่าปริมาณรวมของกรดฟอร์มิก กรดฟอร์มิกที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่เหลือ ปริมาณรวมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือ..... 127
ภาคผนวก ช..... 129
ข้อมูลดิบของการไทเทรตด้วยเครื่อง pH meter ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5..... 129
ภาคผนวก ซ..... 284
ข้อมูลดิบของการไทเทรตด้วยเครื่อง pH meter ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1..... 284
บรรณานุกรม..... 456
ประวัติผู้เขียน..... 460

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 26

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml 29

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml 32

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml 35

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml 38

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml 41

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml 44

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml 47

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml 50

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 54

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก 59

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 69

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml 72

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml 75

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml 78

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml 81

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml 84

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml 87

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml 90

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml 93

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 97

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก 102

ตารางที่ 4.24 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 กลไลการเกิดปฏิกิริยาในการสร้างกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรด 8

ภาพที่ 3.2 เครื่อง METTLER TOLEDO SevenCompact™ pH/Ion meter S220 18

ภาพที่ 3.3 กราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปกับค่า pH ที่อ่านได้ และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (dpH/dml) 19

ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 25

ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml 28

ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml 31

ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml 34

ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml 37

ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml 40

ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml 43

ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml 46

ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml 49

ภาพที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก 58
ภาพที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก. 63
ภาพที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 68
ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml 71
ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml 74
ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml 77
ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml 80
ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml 83
ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml 86
ภาพที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml 89
ภาพที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml 92
ภาพที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 96
ภาพที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก 101
ภาพที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

กรดเปอร์ฟอร์มิก (Performic acid หรือ PFA) หรือเรียกอีกอย่างว่า กรอเปอร์ออกซีฟอร์มิก (Peroxyformic acid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่เสถียร มีสูตรเคมีคือ HC(O)OOH หรือ CH_2O_3 มีลักษณะเป็นของเหลว ไม่มีสี ไม่เป็นพิษแต่สามารถก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ซึ่งกรดเปอร์ฟอร์มิกจะจัดอยู่ในหมวดหมู่ของกรดเปอร์คาร์บอกซิลิ (RCOOOH) เป็นสารเคมีประเภทออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และราคาถูก เป็นที่รู้จักในฐานะสารฆ่าเชื้อ โดยใช้ในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ต่างๆ ในอุตสาหกรรมเคมี การแพทย์ อุตสาหกรรมอาหาร และมีการใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการต่อต้านไวรัส สปอร์ของแบคทีเรีย สาหร่าย เชื้อราขนาดเล็ก และเชื้อมัยโคแบคทีเรีย รวมถึงจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ [1] โดยที่กรดเปอร์ฟอร์มิกจะมีออกฤทธิ์ในการทำลายเชื้อที่กว้างขวางและเร็วกว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดเปอร์อะซิติก และไม่มีสารตกค้างที่เป็นอันตราย มีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์ที่รุนแรงจึงถูกใช้สำหรับการฟอกขาวในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กระดาษ สิ่งทอ [2] นอกจากนี้ยังถูกใช้ในกระบวนการทางเคมีและการสังเคราะห์ เช่น การสังเคราะห์อีพอกซีไดซ์ซอยบีน (expoxidised soybean) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ [3] ปฏิกิริยาอิพอกซิเดชัน ปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน ปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Baeyer-Villiger เปลี่ยนเอสเทอร์เป็นคีโตน และปฏิกิริยาออกซิเดชันในการสังเคราะห์สารอินทรีย์

โดยทั่วไปกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้นเตรียมได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิก (Performic acid, PFA) กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, HP) ดังสมการที่ 1.1 [1-4]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$HC(O)OH\ (l) + H_2O_2\ (l) \leftrightarrow HC(O)OOH\ (l) + H_2O\ (l) \qquad (1.1)$$

เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่เสถียร ในทางปฏิบัติจึงต้องอยู่ในรูปของสารละลายร่วมกับน้ำ ดังนั้นการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกจึงต้องมีน้ำร่วมเสมอ โดยปริมาณน้ำในสารละลายสุดท้ายยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการเตรียม นอกจากนี้ ปฏิกิริยาตามสมการที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินเข้าสู่สมดุลจะเกิดขึ้นเร็วมาก อาจจะเป็นช่วงนาทีหรือชั่วโมง ซึ่งอัตราการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถเพิ่มขึ้นได้อีกโดยใช้กรดแก่บางชนิด เช่น กรดกำมะถัน (Sulphuric acid, H_2SO_4), กรดไนตริก (Nitric acid, HNO_3),

กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid, H_3PO_4) หรือสารประกอบที่มีหมู่เอสเทอร์ (ester, R-C(O)-OR') เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [3, 5]

กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารเคมีที่ไม่เสถียรมาก จึงสามารถสลายตัวตามธรรมชาติได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (สูงกว่า 40°C) และจะระเบิดด้วยการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 80-85°C [2] นอกจากนี้อาจจะติดไฟหรือระเบิดได้ที่อุณหภูมิห้องเมื่อมีการรวมกับสารไวไฟ เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ เบนซาลดีไฮด์ และจะระเบิดอย่างรุนแรงเมื่อรวมกับผงโลหะ [6] เนื่องด้วยเหตุผลข้างต้นที่กล่าวมานั้น กรดเปอร์ฟอร์มิกจึงมักจะถูกเตรียมแบบ in situ หรือเตรียมทันทีก่อนใช้งาน และต้องใช้ภายในประมาณ 12 ชั่วโมงหลังจากสังเคราะห์กรดขึ้นมา

เมื่อเกิดการก่อตัวขึ้นแล้ว กรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถสลายตัวได้ด้วย 3 วิถีทางต่อไปนี้ [5]

$$HC(O)OH + H_2O_2 \leftrightarrow HC(O)OOH + H_2O \qquad (1.2)$$

$$2HC(O)OOH \rightarrow 2HC(O)OH + O \qquad (1.3)$$

$$HC(O)OOH \rightarrow CO_2 + H_2O \qquad (1.4)$$

การสลายตัวทางแรก ดังสมการที่ 1.2 จะเป็นการผันกลับของสมการการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก ดังนั้นกรดเปอร์ฟอร์มิกจะสลายตัวกลับไปเป็นกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยที่ไม่เปลี่ยนความเข้มข้นของกรดทั้งหมด (กรดฟอร์มิก + กรดเปอร์ฟอร์มิก) และความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมด (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อิสระ + กรดเปอร์ฟอร์มิก) ต่อมาเป็นการสลายตัวทางที่ 2 ดังสมการที่ 1.3 กรดเปอร์ฟอร์มิกจะสลายตัวไปเป็นออกซิเจนอะตอมและกรดฟอร์มิก จึงทำให้เกิดการสูญเสียความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมด แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของกรดทั้งหมด และกรดฟอร์มิกที่ปล่อยออกมาจากการสลายตัวทางที่ 2 สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกได้อีกครั้ง โดยทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และการสลายตัวทางสุดท้าย ดังสมการที่ 1.4 เป็นการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งทำให้สูญเสียความเข้มข้นรวมทั้งหมดของกรดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น นอกจากนี้อัตราการสลายตัวของวิถีทางทั้งหมดยังเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถสลายตัวเป็นออกซิเจนและน้ำได้พร้อมกัน ซึ่งทำให้สูญเสียไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จากสารละลาย

เป็นที่ทราบกันอย่างกว้างขวางว่าการเติมกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเพิ่มอัตราการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกขึ้นได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความเป็นกรดที่แรงกว่าน้ำ (pKa = 11.75 ในขณะที่ของน้ำอยู่ที่ 15.74)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หากมีเบสปนอยู่จะทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จ่ายโปรตอนให้เบสตัวนั้น ซึ่งจะส่งผลให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวเร็วขึ้น [7] ดังนั้นการเติมกรดจะเข้าไปสะเทินเบสแทนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาผลกระทบของสารละลายกรดที่มีต่อระยะเวลาการเกิด เสถียรภาพและวิถีการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกหลังจากที่ทำปฏิกิริยาเป็นระยะเวลาหลายวัน เตรียมสารละลายและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยกรดที่นำมาศึกษามีดังนี้ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4), กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4), กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดไนตริก (HNO_3) และจะนำกรดมาเจือจางเป็นสารละลายกรดก่อน เนื่องจากการใช้งานบางประเภทไม่ต้องการให้มีสารที่เป็นอันตรายตกค้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 2 หัวข้อ ได้แก่

1. ศึกษาผลกระทบของชนิดและความเข้มข้นกรดต่อระยะเวลาการเกิด เสถียรภาพ และวิถีการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก

2. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก

1.3 ของเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยขอบเขตงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 50 %w/w (Food grade) และกรดฟอร์มิก ความเข้มข้น 99 %w/w (AR grade) ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยที่มีอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 (กรดฟอร์มิก : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)

2. ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 50 %w/w (Food grade) และกรดฟอร์มิก ความเข้มข้น 99 %w/w (AR grade) ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยที่มีอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 (กรดฟอร์มิก : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)

3. ชนิดของกรดที่นำมาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในทดสอบ ได้แก่ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4), กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4), กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดไนตริก (HNO_3) โดยจะนำกรดแต่ละชนิดมาเตรียมเป็นสารละลายกรด อัตราส่วน 1:4 (1 ส่วนของกรด และ 4 ส่วนของน้ำกลั่น)

4. ปริมาตรของสารละลายกรดที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในช่วง 0-2 ml

5. การศึกษาชนิดและความเข้มข้นกรดที่ใช้ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก จะทำการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน

6. ผลการไทเทรตจะเก็บโดยที่วันแรกของการผสมจะเก็บผลที่เวลา 10, 60, 90, 120 นาที หลังจากการผสม และหลังจากนั้นจะเก็บผลการไทเทรตวันละ 1 ครั้ง

7. วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในปฏิกิริยาด้วยเครื่อง Desktop pH meter ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น SevenCompact^{TM} pH/Ion meter S220 กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นประมาณ 0.5 M โดยที่จะใช้ออโต้ปิเปต (Autopipette) ในการค่อยๆ หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณเล็กน้อย (5-100 µl) วัดค่า pH ของสารละลายและบันทึกหลังจากการหยดแต่ละครั้ง

8. วิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาโดยการไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนส ($KMnO_4$) ความเข้มข้นประมาณ 0.028 M

1.4 โครงสร้างของโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่จะนำเสนอ

โครงร่างวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา รวมถึงขอบเขตและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีและข้อมูลจากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

บทที่ 3 วิธีการทดลอง กล่าวถึงวิธีการทำการทดลองทั้งหมดตั้งแต่การเตรียมสาร วิธีการเก็บผลการทดลอง และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 4 อภิปรายผลการทดลองโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลของชนิดและความเข้มข้นกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยที่มีอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 (กรดฟอร์มิก : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์) และผลของชนิดและความเข้มข้นกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยที่มีอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 (กรดฟอร์มิก : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลองในบทที่ 4

ภาคผนวก แสดงข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างการคำนวณ และกราฟหรือตารางข้อมูลการไทเทรตจากเครื่อง pH meter ซึ่งละไว้ในเนื้อหาหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยจะประกอบด้วยการอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ กรดฟอร์มิก กรดเปอร์ฟอร์มิก และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการนำมาออกแบบการทดลอง

2.1 ไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H_2O_2) เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (หนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยไฮโดรเจนหนึ่งอะตอมและออกซิเจนสองอะตอม โดยออกซิเจนสองอะตอมเชื่อมกันด้วยพันธะเดี่ยว) มีลักษณะเป็นของเหลวใสที่ไม่คงตัว หนืดกว่าน้ำเล็กน้อย ไม่มีสีที่อุณหภูมิห้อง มีรสขม กลิ่นฉุนเล็กน้อย มีน้ำหนักโมเลกุล 34.0147 g/mol จุดเดือดที่ 105.2°C จุดหลอมเหลวที่ -0.43°C และ pKa เท่ากับ 11.75 โดยสามารถเตรียมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมเพอร์ออกไซด์กับกรดซัลฟิวริกเจือจางที่อุณหภูมิต่ำ ดังสมการที่ 2.1 และเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างแบเรียมเพอร์ออกไซด์กับกรดซัลฟิวริกเจือจางที่ที่อุณหภูมิต่ำ ดังสมการที่ 2.2 [8]

$$Na_2O_2\ (aq) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow Na_2SO_4\ (aq) + H_2O_2\ (aq) \qquad (2.1)$$

$$Ba_2O_2\ (aq) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow Ba_2SO_4\ (aq) + H_2O_2\ (aq) \qquad (2.2)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยปกติไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถสลายตัวไปเองอย่างช้าๆ ได้แก๊สออกซิเจนและน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ ดังสมการที่ 2.3 โดยมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อสลายตัว ได้แก่ สิ่งเจือปน การแสง ความร้อน และการเสียดสีจนทำให้เกิดความร้อนจะเร่งให้เกิดการสลายตัวเร็วขึ้น ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง 15-30°C และถ้าหากมีส่วนผสมของโลหะ เช่น แมงกานีส ทองแดง หรือมีเบส (ด่าง) ปะปนอยู่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะจ่ายโปรตอนให้เบสนั้น ซึ่งจะทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดการสลายตัวเร็วยิ่งขึ้น [9] จึงควรเก็บรักษาสารชนิดนี้ไว้ในภาชนะทึบแสง ในบริเวณที่เย็นและแห้ง มีการระบายอากาศเพียงพอ นอกจากนี้อาจเติมสารบางชนิดลงไปเล็กน้อย เช่น แอลกอฮอล์ จะช่วยป้องกันไม่ให้สลายตัวเร็วเกินไป [10] และสารที่เข้ากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ได้ คือ สารออกซิไดซ์ เหล็ก ทองแดง ทองเหลือง ทอง โครเมียม สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส และเงิน [11]

$$2H_2O_2\ (aq) \rightarrow O_2\ (g) + 2H_2O\ (l) \qquad (2.3)$$

โดยทั่วไปไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะอยู่ในรูปสารละลายความเข้มข้นตั้งแต่ 3-90% มักใช้เป็นสารฟอกสีในอาหาร สารทำความสะอาด สารต้านเชื้อ สารฆ่าเชื้อ ใช้ฆ่าเชื้อโรคบนผิวหนัง ทำน้ำยาบ้วนปาก ใช้เป็นสารกันเสียในอาหาร น้ำยาล้างแผล น้ำยาฆ่าเชื้อทำความสะอาดพื้นผิว รวมถึงการฆ่าเชื้ออุปกรณ์การแพทย์ โดยมีฤทธิ์ในการสามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อไวรัส แบคทีเรีย และยีสต์ นอกจากนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 90% สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงขับเคลื่อนจรวดและเรือดำน้ำ และตามบ้านเรือนสามารถพบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ฟอกผ้าขาว ครีมเปลี่ยนสีผม และจัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 1 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 [12]

เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน เมื่อมีการสูดดมสารชนิดนี้เข้าไปอาจทำให้เกิดอาการไอ เจ็บคอ หรือหายใจติดขัด หากมีการสัมผัสกับผิวหนังอาจทำให้เกิดผื่นแดง ปวดแสบปวดร้อน หากรับประทานเข้าไปจะเกิดอาการเจ็บคอ ปวดท้อง และอาเจียนได้ และเมื่อสัมผัสถูกดวงตา จะก่อให้เกิดอาการระคายเคือง ตาแดง ปวดตา สายตาอาจพร่ามัวได้ [11]

2.2 กรดฟอร์มิก (HCOOH)

กรดฟอร์มิก (Formic acid) หรือกรดกรดไฮโดรเจนคาร์บอกซิลิก หรือในอีกชื่อที่รู้จักกันคือ กรดมด จัดอยู่ในกลุ่มของกรดคาร์บอกซิลิกชนิดหนึ่ง ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน เป็นสารประกอบอินทรีย์เคมี มีสูตรโมเลกุลคือ HCOOH หรือ CH_2O_2 และตามระบบไอยูแพ็ก (IUPAC) คือกรดเมทาโนอิก (Methanoic acid) พบตามธรรมชาติในสัตว์จำพวกมดและผึ้ง ซึ่งมีไว้สำหรับป้องกันตัวจากศัตรู มีลักษณะลักษณะเป็นของเหลวกัดกร่อน ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 46.0254 g/mol จุดเดือดที่ 100.6°C จุดหลอมเหลวที่ 8.4°C และ pKa เท่ากับ 3.744 [13] โดยมีวิธีสังเคราะห์กรดฟอร์มิกจากปฏิกิริยาของคาร์บอนมอนอกไซด์กับเมทานอล และปฏิกิริยาของคาร์บอนมอนอกไซด์กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ [14]

การสลายตัวของกรดฟอร์มิกได้เป็นคาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน โดยที่เมื่อมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้น กรดฟอร์มิกสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยการดีไฮเดรชันได้เป็นคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ ดังสมการที่ 2.4 และอีกทางคือเมื่อมีแพลทินัม มันจะสลายตัวด้วยการปล่อยไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการที่ 2.5 [15] และสำหรับการเก็บต้องเก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด อากาศเย็นและแห้ง มีการระบายอากาศในระดับพื้น นอกจากนี้ควรเก็บให้ห่างจากเปลวไฟ ความร้อน แหล่งจุดติดไฟอื่นๆ สารออกซิไดซ์ และกรดแก่

$$HCO_2H \rightarrow CO + H_2O \qquad (2.4)$$

$$HCO_2H \rightarrow CO_2 + H_2 \qquad (2.5)$$

ในปัจจุบันกรดฟอร์มิกสามารถหาได้ในห้องปฏิบัติการ เป็นสารเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมี จำเป็นสำหรับการทดสอบ การทดลอง การวิจัย และการวิเคราะห์คุณภาพอย่างต่อเนื่องของกระบวนการ นอกจากนี้กรดฟอร์มิกถูกใช้ในอุตสาหกรรม เช่น สารตัวกลางสำหรับการทำความสะอาด ฟอก หรือการเตรียมกรด น้ำยาทำความสะอาดที่ใช้ล้างสิ่งติดตั้งทางอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ สารเติมแต่งสำหรับจารบี ส่วนผสมของยารักษาโรคไขข้อหรือยาตีบตัน สารเติมแต่งสำหรับอาหารสัตว์และสารฆ่าเชื้อรา การย้อมผ้าขนสัตว์ และเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางสำหรับการดูแลร่างกายและการฟื้นฟู

กรดฟอร์มิกใช้สำหรับเป็นสารกันบูดในอาหาร เช่น ปลาดอง น้ำผลไม้ ผลไม้ดองและผักลูกอมเจลลี่หรือน้ำผัก/ผลไม้ เป็นสารเติมแต่งที่เรียกว่า E236 การมีอยู่ของกรดฟอร์มิกช่วยให้อาหารสดได้นานขึ้นและช่วยต่อต้านการโจมตีของเชื้อราและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค การเก็บรักษาอาหารด้วยกรดฟอร์มิกช่วยในการจัดเก็บและขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เน่าเสียง่ายที่มีวันหมดอายุสั้น

เนื่องจากกรดฟอร์มิกมีฤทธิ์กัดกร่อน จะเกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือก และอาจทำให้เกิดอาการแพ้อย่างรุนแรง บวมและแดงที่ผิวหนัง [14]

2.3 กรดเปอร์ฟอร์มิก (CH_2O_3)

กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่เสถียร มีลักษณะเป็นของเหลว ไม่มีสี ไม่เป็นพิษ แต่สามารถก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ดวงตา และเยื่อเมือก จัดอยู่ในหมวดหมู่ของกรดเปอร์คาร์บอกซิลิก ซึ่งเป็นกรดที่มีหมู่ -OOH ที่เป็นกรด มีคุณสมบัติเป็นสารเคมีประเภทออกซิไดซ์ที่รุนแรงมาก มักถูกใช้สำหรับการแยกพันธะไดซัลไฟด์ในโปรตีน เช่นเดียวกับปฏิกิริยาอิพอกซิเดชัน ไฮดรอกซิเลชัน และปฏิกิริยาออกซิเดชันในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารฆ่าเชื้ออุปกรณ์ในอุตสาหกรรมเคมี การแพทย์ อุตสาหกรรมอาหาร และมีการใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในการบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพในการต่อต้านไวรัส สปอร์ของแบคทีเรีย สาหร่าย เชื้อราขนาดเล็ก และเชื้อมัยโคแบคทีเรีย รวมถึงจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ และใช้เป็นสารฟอกขาวในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กระดาษ สิ่งทอ โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 62.024 g/mol จุดเดือดที่ 50°C จุดหลอมเหลวที่ -18°C และ pKa เท่ากับ 7.3 เนื่องจากกรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารฆ่าเชื้อที่มีต้นกำเนิดจากธรรมชาติ ซึ่งจะปลอดภัยต่อผลิตภัณฑ์และไม่มีสารตกค้างที่เป็นอันตราย [16] การสังเคราะห์กรด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เปอร์ฟอร์มิกนั้นเตรียมได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังสมการที่ 2.6 สำหรับปฏิกิริยาการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นปฏิกิริยาการคายความร้อนที่รุนแรง (ΔH = -55.50 kcal/mol) [17]

$$HC(O)OH + H_2O_2 \leftrightarrow HC(O)OOH + H_2O \qquad (2.6)$$

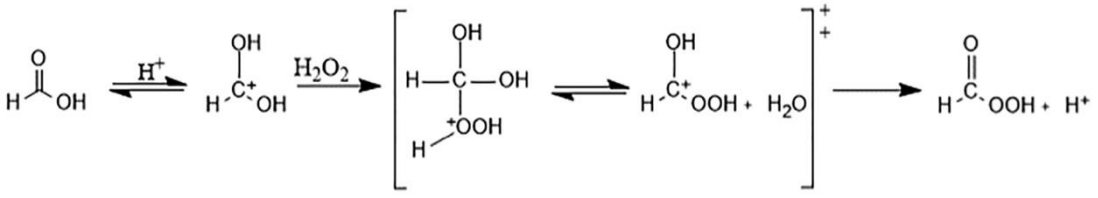
$$2HCOOOH \rightarrow 2HCOOH + O \qquad (2.7)$$

$$HCOOOH \rightarrow CO_2 + H_2O \qquad (2.8)$$

กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารเคมีที่ไม่เสถียรมาก ซึ่งสามารถสลายตัวตามธรรมชาติได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (สูงกว่า 40°C) และจะระเบิดด้วยการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 80-85°C นอกจากนี้อาจจะติดไฟหรือระเบิดได้ที่อุณหภูมิห้องเมื่อมีการรวมกับสารไวไฟ เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ เบนซาลดีไฮด์ และจะระเบิดอย่างรุนแรงเมื่อรวมกับผงโลหะ แม้จะเป็นที่อุณหภูมิห้อง โดยที่กลไกทางจลนพลศาสตร์จะประกอบด้วยการก่อตัวที่ผันกลับได้ของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดังสมการที่ 2.6 และการสลายตัวที่ผันกลับไม่ได้จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และ ออกซิเจน ดังสมการที่ 2.7 และ 2.8

2.4 การเร่งปฏิกิริยาการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยกรด

จากภาพที่ 2.1 พบว่า เมื่อกรดมีการแตกตัวแล้วให้ H^+ ทำให้ H^+ เข้าไปเกาะกับอะตอมออกซิเจนตรง C=O (carbonyl group) จนทำให้เกิดเป็นประจุบวกที่อะตอม C แรงขึ้น ส่งผลให้สามารถดึงดูดอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ดีขึ้น โดยออกซิเจนของโมเลกุลไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อมาจับกับอะตอม C^+ แล้ว ผลักโมเลกุลของน้ำออกไป จึงเหลือเพียงหมู่ -OOH ที่เกาะอยู่ และในขั้นตอนสุดท้ายจากที่ C มีความเป็นบวกก็จะดัน H ออกจากโมเลกุลอีกหนึ่งตัว จนได้เป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก CH_2O_3 [18, 19]



ภาพที่ 2.1 กลไลการเกิดปฏิกิริยาในการสร้างกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shekar M. และคณะ [2] ได้ศึกษาการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก โดยใช้ Corning advanced-flow reactors (AFRs) โดยจะใช้กรดฟอร์มิก 98-99 %v/v และไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ 15-30 %w/w เป็นสารตั้งต้นในอัตราส่วนโมล 1:1 (อัตราส่วนปริมาตร 1:2) ทำการสังเคราะห์ทั้งที่ใส่และไม่ใส่กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้อัตราการไหลของสารป้อน 60-120 ml/h ที่อุณหภูมิ 20-40°C จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 20°C เป็น 30°C อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นและเกิด PFA มากขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30°C เป็น 40°C ความเข้มข้นของ PFA ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของ PFA ที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเริ่มเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ นอกจากนี้การสังเคราะห์ PFA ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้น โดยส่วนใหญ่คือความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเมื่อมีการใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นสภาวะเหมาะสมที่อุณหภูมิ 30°C ด้วยอัตราการไหลของสารป้อน 80 ml/h โดยมี 1 %w/w กรดซัลฟิวริกที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้เทคโนโลยี AFR เป็นการดำเนินปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีที่ยั่งยืนมากขึ้น การผลิต PFA จึงรวดเร็วมากในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็ก ซึ่งช่วยประหยัดเวลาและพลังงานของเรา และยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมในด้านความต้องการเชื้อเพลิง

P. D. Jolhe และคณะ [6] ได้ศึกษาการเตรียมกรดเพอร์ฟอร์มิก (PFA) โดยใช้คลื่นความถี่สูง (Ultrasound) ช่วยในเครื่องปฏิกรณ์แบบ continuous flow microstructured โดยจะศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนโมลาร์ของกรดฟอร์มิกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, อัตราการไหล (40-60 mL/h), อุณหภูมิ (20-50°C) และการโหลดตัวเร่งปฏิกิริยา (340-707 mg/cm^3) สำหรับการก่อตัวของ PFA โดยเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิกจากกรดฟอร์มิก (85%) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (30 wt%) ใช้ในระหว่างการเตรียมอัลตราซาวนด์ช่วยเตรียม PFA เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยาเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวก (Amberlite IR-120H) อนุภาคขนาด 0.83 mm จากการทดลองจะเห็นว่า ความเข้มข้นของ PFA เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนโมลาร์ของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 1:0.45 เป็น 1:1 และสำหรับการฉายรังสีอัลตราโซนิกมีหน้าที่ในการเพิ่มประสิทธิภาพของปฏิกิริยาเคมีในสารละลาย โดยที่ผลกระทบทางกายภาพของอัลตราซาวนด์ยังช่วยให้การขนส่งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปสู่กรดฟอร์มิกอย่างรวดเร็ว สิ่งนี้จะเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่นำไปสู่การก่อตัวของ PFA อย่างรวดเร็วและใช้เวลาน้อยลงมากในเครื่องปฏิกรณ์ นอกจากนี้ สังเกตได้ว่าความเข้มข้นของ PFA จะลดลงหลังจากเวลาทำปฏิกิริยาผ่านไปเป็นเวลานาน เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแบบย้อนกลับ ระหว่างกรดเปอร์ฟอร์มิกและน้ำ ซึ่งจะได้เป็นกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การโหลดตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้นบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำไปสู่การสร้าง PFA เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มขึ้นมากเกินไปจะได้ค่าที่ใกล้เคียงเดิม แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่มี

ฤทธิ์เป็นกรดเพียงพอแล้ว และที่อุณหภูมิสูงขึ้น ไอระเหยของส่วนผสมของปฏิกิริยาจะจับตัวอยู่ในฟองอากาศทำให้เกิดโพรงอากาศยุบตัวน้อยลง ซึ่งส่งผลให้การก่อตัวของ H_2O_2 ในตัวกลางปฏิกิริยาน้อยลง และด้วยเหตุนี้จึงลดอัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยค่าที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนโมลาร์ 1:1, 50 mL/h, 40°C และ 471 mg/cm^3 ดังนั้นการใช้อัลตราซาวนด์ร่วมกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ continuous flow microstructured ได้พิสูจน์ให้เห็นถึงกระบวนการที่เป็นประโยชน์ในการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก

Y. Maralla and S. Sonawane [17] ได้ศึกษาการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก ใน continuous flow microreator in polytetrafluoroethylene spiral capillary microreactor (PSCMR) ทั้งที่มีและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทำการทดลองโดยใช้อัตราการไหลของสารป้อน 5-72 ml/h กรดฟอร์มิก 98-100% และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ 10, 20 และ 30 %w/v เป็นสารตั้งต้นในอัตราส่วนโมล 1:1 ทำการสังเคราะห์ทั้งที่ใส่และไม่ใส่กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 0, 2, 4 and 6 mol% ของFA ดำเนินการที่อุณหภูมิ 10, 20, 30 และ 40°C โดยรักษาอุณหภูมิให้คงที่ด้วยการใช้อ่างน้ำ รักษาอุณหภูมิการทำงานสูงสุดไว้ที่ 40°C ถ้าสูงกว่าอุณหภูมินี้ PFA จะเริ่มสลายตัวและมีปฏิกิริยาย้อนกลับ ผลการทดลองจะพบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกยังก่อตัวขึ้นโดยไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา แต่มีการสังเกตพบว่าการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีอัตราการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ (PFA) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเติมกรดซัลฟิวริกมากกว่า 4 mol% ไม่ได้ทำให้ความเข้มข้นของ PFA ดีขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นและที่อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ PFA กลายเป็นไอ สิ่งนี้จะนำไปสู่การก่อตัวของไอก๊าซทำให้เกิดการไหลในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็ก ซึ่งทำให้เกิดการสลายตัวของสารตั้งต้นและ PFA โดยที่ PFA อาจสลายตัวเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และออกซิเจน ดังนั้น ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาและลดเวลาที่จำเป็นสำหรับการเปลี่ยนแปลงสมดุลนอกจากนี้ เมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้นจะนำไปสู่การเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาและส่งผลให้ได้รับการเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนสมดุลของปฏิกิริยา และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์จะประกอบด้วยกรดเปอร์ฟอร์มิก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำ และกรดฟอร์มิกที่ยังไม่ทำปฏิกิริยา ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของ FA ที่ 72.78% เมื่ออัตราการไหลของสารป้อน 10 ml/l ภายเวลาใน 6 นาที ที่ 30°C และตัวเร่งปฏิกิริยา 4 mol% ของFA และไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ 30 %w/v ได้ความเข้มข้น PFA สูงสุด (5.175 mol/l)

X. Sun และคณะ [18] ได้ศึกษาแบบจำลองจลนศาสตร์ของการสังเคราะห์ การไฮโดรไลซิส และการสลายตัวของ PFA ด้วย formic acid-autocatalyzed reaction พบว่าพลังงานกระตุ้นที่

แท้จริงของการสังเคราะห์ PFA และไฮโดรไลซิส คือ 75.2 kJ/mol และ 40.4 kJ/mol ตามลำดับ และพลังงานกระตุ้นของการสลายตัว PFA คือ 95.4 kJ/mol จากผลการทดลองระบุว่าการสลายตัวของ PFA มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้แม้ในอุณหภูมิแวดล้อม การสลายตัวของ PFA นั้นจะเกิดทั้งการสลายตัวที่เกิดขึ้นเองและการสลายตัวที่เกิดจากปัจจัยอื่นที่มีส่วนทำให้เกิดการสลายตัวของ PFA และจะพบ O_2 และ CO_2 ในสถานะก๊าซของผลิตภัณฑ์จากการสลายตัว

F. Ebrahimi และคณะ [20] ได้ศึกษาการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิก ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ packed bed microstructured โดยมีเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ โดยการสังเคราะห์กรดเปอร์ฟอร์มิกจากกรดฟอร์มิก 90 %wt ไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ 50 %wt กรดซัลฟิวริก 96 %wt ซึ่งอยู่ในสารละลายที่เป็นน้ำ และเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่ถูกเลือกและทดสอบมีสองตัว ได้แก่ Dowex 50Wx8 และ Dowex 50Wx2 ในรูปของไฮโดรเจน เนื่องจากมีประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาสูงสุดและไม่ย่อยสลายเปอร์ออกไซด์ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งเหล่านี้มีกรดซัลโฟนิกเป็นหมู่ฟังก์ชันซึ่งใกล้เคียงกับโครงสร้างของกรดซัลฟิวริก จากการทดลองใช้สารตั้งต้นในอัตราส่วนโมล 1:1 (กรดฟอร์มิก:ไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์) และความเข้มข้นของ $[H^+]$ อยู่ในช่วง 0-1 mol^{-1} ดำเนินการที่ 293, 303 และ 313 K ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0-400 mg/cm^3 จากผลการทดลอง activity ของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ใช้ Dowex 50Wx8 ใกล้เคียงกับกรดซัลฟิวริกและสูงกว่า Dowex 50Wx2 และอัตราการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ การโหลดตัวเร่งปฏิกิริยา และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก แต่เมื่อใช้อุณหภูมิมากกว่า 313 K (40°C) กรดเปอร์ฟอร์มิกจะสลายตัวกลายเป็นสถานะก๊าซ เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้น สมดุลก็จะยิ่งเร็วขึ้น ดังนั้น Dowex 50Wx8 เป็นที่ต้องการมากกว่า Dowex 50Wx2 เนื่องจากการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้รับการปรับปรุง เสถียรภาพทางเคมี เชิงกล และทางความร้อนที่แรงขึ้น และเวลาการปิดใช้งานที่นานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตัวเร่งปฏิกิริยาประสิทธิภาพของ Dowex 50Wx8 ต่ำกว่ากรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นของกรดที่เทียบเคียงได้ สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าไซต์ที่ใช้งานอยู่บางส่วนไม่ได้ถูกใช้ในปฏิกิริยาและถูกปิดใช้งานหรืออาจถูกครอบครองโดยน้ำ นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งยังมีโอกาสในการเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยการเพิ่มการโหลดตัวเร่งปฏิกิริยา

P. D. Filippis และคณะ [21] ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับจลนพลศาสตร์ของสมดุลและการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยที่ปฏิกิริยาของการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดำเนินการในขวดแก้วสองคอขนาด 50 ml ที่ติดตั้งเครื่องกวนแม่เหล็กและ reflux condenser ใส่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 16 ml ลงในขวดแก้ว และระบบได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการโดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ (±0.1°C) จากนั้นเติมกรดฟอร์มิก 8 ml และเริ่มทำปฏิกิริยา ทำการทดลองที่อุณหภูมิ

30-60°C ผลจากการทดลองคือ ปฏิกิริยาของกรดฟอร์มิกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้เกิดกรดเปอร์ออกซีฟอร์มิกอย่างรวดเร็ว แม้ในกรณีที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยากรด เนื่องจากกรดฟอร์มิกมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะเร่งปฏิกิริยาโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ กลไกจลนพลศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยการก่อตัวที่ผันกลับได้ของกรดเปอร์ฟอร์มิก และการสลายตัวที่ผันกลับไม่ได้ไปเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ แต่ไม่พบการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยถูกเร่งปฏิกิริยาโดยไฮโดรเจนไอออน และแบบจำลองจลนพลศาสตร์ช่วยให้สามารถคำนวณ pre-exponential factor ที่ 13065.1 L^6/mol^2s และพลังงานกระตุ้นที่ 43524.2 J/mol สำหรับปฏิกิริยาการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก นอกจากนี้ยังพบ pre-exponential factor ที่ 6.51 × 109 L^6/mol^2s และพลังงานกระตุ้นที่ 72627.9 J/mol สำหรับการสลายตัวที่ผันกลับไม่ได้ของกรดเปอร์ฟอร์มิก

M. Vadimír และคณะ [22] ได้ศึกษาจลนศาสตร์การเกิดออกซิเดชันของกรดฟอร์มิกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในน้ำ (30-70%, 10.5-29.8 mol/dm^3) ได้รับการศึกษาที่อุณหภูมิ 45°C โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีความเข้มข้น 0-0.1 mol/dm^3 ในส่วนผสมของปฏิกิริยา และกรดฟอร์มิก 99% (26.24 mol/dm^3) มีการเสนอแบบจำลองจลนพลศาสตร์ซึ่งอธิบายกระบวนการออกซิเดชันของกรดฟอร์มิกกับกรดเปอร์ออกซีฟอร์มิก โดยที่จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดฟอร์มิกที่ให้กรดเปอร์ออกซีฟอร์มิกกับน้ำได้รับการศึกษาในเครื่องปฏิกรณ์แบบ glass through-flow stirred โดยใช้อัตราส่วนโมลาร์ 1:2.67 ของสารตั้งต้นที่ไม่มีตัวทำละลาย จากการทดลอง ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นว่าการก่อตัวของกรดเปอร์ออกซีฟอร์มิกได้รับผลกระทบในทางที่ดีจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นทั้งกรดฟอร์มิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แต่เมื่อมีอัตราการป้อนสารตั้งต้นขาเข้าที่ต่ำ จะทำให้การสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น และจากการการสลายตัวที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลง และจะส่งผลต่อการก่อตัวของกรดเปอร์ออกซีฟอร์มิกในทางที่ไม่ดี ซึ่งการมีอยู่ของกรดซัลฟิวริกในส่วนผสมของปฏิกิริยาจะเพิ่มความเข้มข้นโดยรวมของไฮโดรเจนไอออน จะส่งผลต่อการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดเปอร์ออกซีฟอร์มิก โดยเมื่อความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เพิ่มขึ้นมากเกินไปในส่วนผสมของปฏิกิริยา จะเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และการก่อตัวของกรดเปอร์ออกซีฟอร์มิกต่อความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกแสดงให้เห็นค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.06 mol/dm^3

2.6 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการเตรียมกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยใช้สารตั้งต้นเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิก และมีการนำกรดซัลฟิวริกมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิปฏิกิริยาอยู่ที่ 20-30°C พบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกจะเกิดเพิ่มขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงสุดกว่า40°C พบว่ากรดเปอร์ฟอร์มิกจะเริ่มสลายตัวและมีปฏิกิริยาย้อนกลับ และเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของกรดซัลฟิวริกก็มีผลเช่นเดียวกัน โดยจะมีกรดเปอร์ฟอร์มิกจะเกิดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มกรดซัลฟิวริกมากเกินไปจะได้ค่าที่ใกล้เคียงเดิมหรือลดน้อยลง จึงอาจจะทำความเสถียรของกรดเปอร์ฟอร์มิกลดลง ดังนั้นจึงคาดหวังว่าการมีกรดอยู่ในปฏิกิริยาจะมีผลช่วยเรื่องของการรักษาเสถียรภาพ เพิ่มอัตราการเกิด และลดการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

เนื้อหาในบทนนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือ อุปกรณ์ และเคมีภัณฑ์ ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่ขั้นตอนและวิธีการเตรียมตัวอย่าง การหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการด้วยการไทเทรต (Titration) และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยด้วยเครื่อง pH meter

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. กรดฟอร์มิก (HCOOH) 99 %wt จากบริษัท DaeJung Chemicals & Metals
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 50 %wt จากบริษัท Thai Peroxide Company
3. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 97 %wt จากบริษัท Merck KGaA
4. กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 85 %wt จากบริษัท Quality Reagent Chemical (QReC)
5. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 35.4 %wt จากบริษัท Loba Chemie
6. กรดไนตริก (HNO_3) 71 %wt จากบริษัท Loba Chemie

3.2 การเตรียมสารละลายกรด

การเตรียมสารละลายกรดแต่ละชนิดจะเตรียมโดยการนำกรด 1 ส่วนของปริมาตรทั้งหมดนำมาผสมกับน้ำกลั่น 4 ส่วนของปริมาตรทั้งหมด โดยที่สุดท้ายจะได้สารละลายกรดที่มีความเข้มข้น 1:4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การเตรียมตัวอย่าง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5

(1) ปิเปตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 %w/w ปริมาตร 40 ml ใส่ลงในขวด HDPE จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 ml

(2) ปิเปตกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 99 %w/w ปริมาตร 17.2 ml เติมลงไป

(3) เติมสารละลายกรดที่เตรียมไว้ 3 ชนิด ในปริมาตร 1 และ 2 ml และเติมกรดไฮโดรคลอริก ในปริมาตร 0.1 และ 1 ml จากนั้นผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง

(4) ทำการไทเทรตเพื่อวัดปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และปริมาณกรดทั้งหมด

(5) เก็บผลการไทเทรต โดยที่ในวันแรกที่ผสมจะเก็บผลที่เวลา 10, 60, 90, 120 นาทีหลังจากการผสม และหลังจากนั้นจะเก็บผลการไทเทรตวันละ 1 ครั้ง

หมายเหตุ : การใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเติมในปริมาณ 0.1 และ 1 ml เนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงมากหากเติมมากกว่า 1 ml

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1

(1) ปิเปตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 %w/w ปริมาตร 30 ml ใส่ลงในขวด HDPE จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 ml

(2) ปิเปตกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 99 %w/w ปริมาตร 20 ml เติมลงไป

(3) เติมสารละลายกรดที่เตรียมไว้ 3 ชนิด ในปริมาตร 0.1 และ 1 ml และเติมกรดไฮโดรคลอริก ในปริมาตร 0.1 และ 0.4 ml จากนั้นผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง

(4) ทำการไทเทรตเพื่อวัดปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และปริมาณกรดทั้งหมด

(5) เก็บผลการไทเทรต โดยที่ในวันแรกที่ผสมจะเก็บผลที่เวลา 10, 60, 90, 120 นาทีหลังจากการผสม และหลังจากนั้นจะเก็บผลการไทเทรตวันละ 1 ครั้ง

3.4 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารสะลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)

การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ความเข้มข้นประมาณ 0.028 M เตรียมโดยการชั่งน้ำหนักโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตประมาณ 3.16 g นำมาละลายน้ำ และปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ในขวดสีชา และการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมี 5 ขั้นตอนได้แก่

(1) ชั่งกรดออกซาลิกประมาณ 0.05 g (ให้ทราบค่าตัวเลขที่แน่นอน) ใส่ลงในขวดรูปชมพูที่แห้งและสะอาด เติมน้ำกลั่นประมาณ 10 ml เพื่อละลายกรดออกซาลิก และเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (เข้มข้น 1:4) 10 ml จากนั้นทำการเขย่าให้กรดออกซาลิกละลายจนหมด

(2) นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปอุ่นให้ร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส (อย่าต้มจนเดือด)

(3) นำสารละลายในขวดรูปชมพู่มาไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในขณะที่ยังอุ่นอยู่ ถ้ายังมีกรดออกซาลิกเหลืออยู่ สีม่วงของเปอร์แมงกาเนตจะหายไป ทำการไทเทรตจนสีม่วงจะค้างอยู่ประมาณ 30 วินาที ในระหว่างนี้ถ้าสารละลายในขวดรูปชมพู่เกิดการเย็นตัวลงให้นำไปอุ่นใหม่

(4) ทำการไทเทรตทั้งหมด 2 ครั้ง โดยครั้งแรกเป็นการไทเทรตอย่างรวดเร็วเพื่อหาจุดยุติมีค่าประมาณเท่าใด จากนั้นจึงค่อย ๆ ทำการไทเทรตด้วยความระมัดระวังเพิ่มอีก 1 ครั้ง เพื่อนำมาคำนวณหา ค่าความเข้มข้น

(5) การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เตรียม จากสูตร

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

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

W_{oxalic} คือ น้ำหนักของกรดออกซาลิก (g)

90.03 คือ น้ำหนักโมเลกุลของกรดออกซาลิก (g/mol)

V_{KMnO4} คือ ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มช้ (ml)

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

3.5 การเตรียมและการหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.5.1 การเตรียมสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นประมาณ 0.5 M ทำได้โดยการชั่งสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 g ใส่ลงในบีกเกอร์ที่แห้งและสะอาด แล้วนำมาละลายด้วยน้ำกลั่นจากนั้นนำมาปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ด้วยขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask) และนำสารละลายเทลงในขวดสีชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5.2 การหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การหาความเข้มข้นสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มี 4 ขั้นตอนได้แก่

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

(2) ชั่งสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตที่ผ่านการอบประมาณ 0.3 g

(3) นำมาละลายน้ำจนโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตละลายหมดและนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ด้วยเครื่อง Auto Titrator

(4) หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากสูตร

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

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

3.6 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการไทเทรต (Titration)

การเตรียมสารละลายตัวอย่างทำได้โดยการดูดสารตัวอย่างโดยใช้ออโต้ปิเปต (Automatic pipette) ดูดสารละลายตัวอย่างมา 100 ไมโครลิตร ใส่ลงขวดรูปชมพู่ที่แห้งและสะอาด จากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งสารและจดค่าน้ำหนักที่แน่นอน แล้วเติมน้ำกลั่น 10 ml และเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (เข้มข้น 1:4) 10 ml ผสมให้เข้ากัน และนำมาทำการไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จนกระทั่งสีม่วงของเปอร์แมงกาเนตจะไม่หายไป จากนั้นทำการคำนวณหาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.7 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยด้วยเครื่อง pH meter

การเตรียมสารละลายตัวอย่างทำได้โดยการดูดสารตัวอย่างใช้ออโต้ปิเปต (Automatic pipette) ดูดสารละลายตัวอย่างมา 100 ไมโครลิตร ใส่ลงบีกเกอร์ที่แห้งและสะอาด จากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งสารและจดค่าน้ำหนักที่แน่นอน เติมน้ำกลั่น 60 ml (ท่วมหัว probe) ใส่แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic Bar) ลงบีกเกอร์ที่มีสารตัวอย่าง จากนั้นนำบีกเกอร์ที่มีสารตัวอย่างวางบนเครื่องกวนสาร (Magnetic Stirrer) เปิดให้มีการปั่นกวนตลอดเวลาในการไทเทรต และใช้ออโต้ปิเปต (Autopipette) ในการค่อยๆ หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณเล็กน้อย (5-100 µl) จากนั้นจึงวัดค่า pH ของสารละลาย และจดบันทึกหลังจากการหยดแต่ละครั้ง โดยใช้ Desktop pH meter ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น SevenCompact™ pH/Ion meter S220

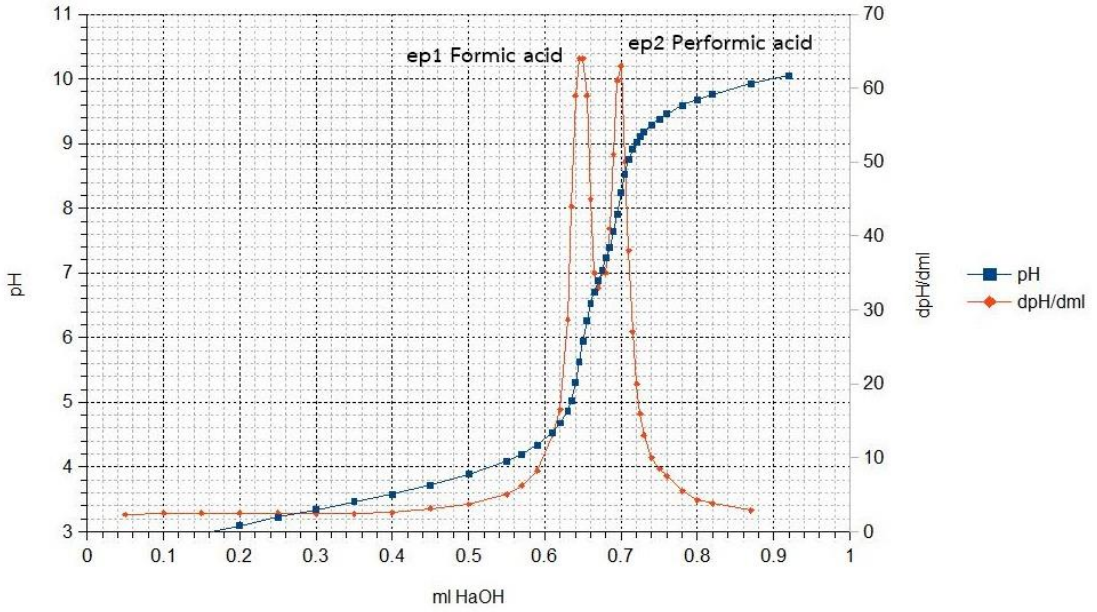
ภาพที่ 3.2 เครื่อง METTLER TOLEDO SevenCompact™ pH/Ion meter S220

วิธีการคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากการใช้ฟังก์ชันพหุนาม (polynomial) โดยการสร้าง interpolation function ขึ้นมาก่อน จากนั้นจึงทำการหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันที่สร้างขึ้นมาสำหรับคำนวณค่าอนุพันธ์อันดับ 1 ดังสมการที่ 3.3

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยหลังเสร็จสิ้นการไทเทรตจะนำเอาข้อมูลไปพล็อตกราฟโดยที่จะมีกราฟระหว่างปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และจะได้กราฟระหว่างปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) นอกจากนี้จุดสมมูลของกรดฟอร์มิกและกรดเปอร์ฟอร์มิกสามารถกำหนดได้จากเส้นกราฟการไทเทรต (ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมกับค่า pH) จุดสมมูลจุดแรก (ep1) เป็นของกรดฟอร์มิก และจุดสมมูลที่สอง (ep2) เป็นของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดังภาพที่ 3.2 (รายละเอียดวิธีการคำนวณค่า dpH/dml รายงานไว้ในภาคผนวก ง)



ภาพที่ 3.3 กราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปกับค่า pH ที่อ่านได้ และกราฟระหว่างปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (dpH/dml)

กราฟระหว่างปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) อาจเกิดการแกว่นไปมา ทำให้การดูจุดสมมูลของกราฟเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงแก้ปัญหาการบอกตำแหน่งของจุดสมมูลของกราฟโดยการใช้โปรแกรม fityk (รายละเอียดวิธีการใช้งานโปรแกรมได้รายงานไว้ในภาคผนวก จ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.8 การหาปริมาณกรดฟอร์มิก กรดเปอร์ฟอร์มิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

(ตัวอย่างการคำนวณรายงานไว้ในภาคผนวก ฉ)

3.8.1 การหาปริมาณกรดฟอร์มิก

ปริมาณของกรดฟอร์มิกที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จนเกิดเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก หาได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) หาจำนวนโมลของกรดฟอร์มิกที่เหลือ

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

(2) หาน้ำหนักของกรดฟอร์มิกที่เหลือ

weight of FA ที่เหลือ (g) = mole of FA (mol) x MW. of FA (g/mol)

(3) หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกรดฟอร์มิกที่เหลือ

$$\% \text{ weight of FA ที่เหลือ} = \frac{\text{weight of FA ที่เหลือ (g)}}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

(4) หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปริมาณกรดรวมทั้งหมดที่เป็น FA

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

3.8.2 หาปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิก

ปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ได้จากการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกรดฟอร์มิก หาได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) หาปริมาณโมลของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น

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

(2) หาน้ำหนักของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น

$$\text{weight of PFA (g) ที่เกิดขึ้น} = \text{mole of PFA (mol) x MW. of PFA (g/mol)}$$

(3) หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้น

$$\% \text{ weight of PFA} = \frac{\text{weight of PFA (g) ที่เกิดขึ้น}}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) หาปริมาณโมลของกรดรวมทั้งหมด

$$\text{Total mole of acid} = \text{mole of FA} + \text{mole of PFA}$$

3.8.3 หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิกเกิดเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก หาได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) หาจำนวนโมลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

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

(2) หาน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

weight of H_2O_2 (g) = mole of H_2O_2 (mol) x MW. of H_2O_2 (g/mol)

(3) หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา

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

(4) หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาไปเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิก

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

(5) หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมด

% total weight of H_2O_2 = % weight of H_2O_2 ที่เหลือ + % weight of H_2O_2 ที่ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นผลการทดลองที่ได้จากการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งกรดที่ใช้ในทดสอบมี 4 ชนิด ได้แก่ กรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก กรดไนตริก และกรดไฮโดรคลอริก โดยในบทนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

หัวข้อ 4.1 รายงานผลการศึกษาการใช้ชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5

หัวข้อ 4.2 รายงานผลการศึกษาการใช้ชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1

หัวข้อ 4.3 ผลจากการศึกษาการใช้กรดชนิด ต่างๆ ในการผลิตและการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก

ก่อนอื่นขอทบทวนปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดังนี้

$$HC(O)OH + H_2O_2 \leftrightarrow HC(O)OOH + H_2O \qquad (4.1)$$

$$2HC(O)OOH \rightarrow 2HC(O)OH + O \qquad (4.2)$$

$$HC(O)OOH \rightarrow CO_2 + H_2O \qquad (4.3)$$

จากสมการ 4.1 เป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกและน้ำ ซึ่งปฏิกิริยานี้สามารถผันกลับได้ และจากสมการ 4.2 และ 4.3 เป็นการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก โดยสมการ 4.2 กรดเปอร์ฟอร์มิกจ่ายออกซิเจนอะตอมออกไปแล้วกลับไปเป็นกรดฟอร์มิกตามเดิม และสามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้อีกครั้ง กลับไปเป็นกรดเปอร์ฟอร์มิกใหม่ได้ โดยที่ปฏิกิริยานี้จะไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นรวมของกรด แต่จะทำให้สูญเสียความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสมการ 4.3 กรดเปอร์ฟอร์มิกจะสลายตัวไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยปฏิกิริยานี้จะทำให้สูญเสียความเข้มข้นรวมของกรดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นอกจากนี้อาจมีปฏิกิริยาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การสลายตัวของกรดฟอร์มิก เมื่อมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน โดยกรดฟอร์มิกสลายเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ สำหรับการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การหายไปของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ, ความเข้มข้น ,ค่า pH, สารปนเปื้อน สารที่ทำให้เกิดการคง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัว และไอออนลบของกรดบางชนิด โดยที่การสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะส่งผลต่อการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วย

4.1 ผลจากการศึกษาการใช้ชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5

การเตรียมตัวอย่างเริ่มจากการผสมกรดฟอร์มิก 17.2 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด ที่ปริมาณ 1 และ 2 ml และสำหรับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่จะเติมปริมาณ 0.1 และ 1 ml ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงค่อยทำการเติม H_2O_2 (50%w/w) 40 ml ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และติดตามการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยนำตัวอย่างมาทำการไทเทรตด้วยเครื่อง pH meter กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ เพื่อหาปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและกรดฟอร์มิกที่เหลืออยู่ โดยในวันที่เริ่มทำการทดลอง (วันที่ 0) จะเห็นจุดสมมูลของการไทเทรต 2 จุด เนื่องจากมีกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นตั้งแต่ 10 นาทีหลังจากการผสม โดยจุดแรกจะเป็นจุดสมมูลของกรดฟอร์มิก โดยปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสมมูลแรกจะเป็นปริมาณเบสที่ใช้ในการไทเทรตกรดฟอร์มิก ส่วนจุดสมมูลที่สองเป็นของกรดเปอร์ฟอร์มิก ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตระหว่างจุดสมมูลแรกและจุดสมมูลที่สองคือปริมาณเบสที่ใช้ในการไทเทรตกรดเปอร์ฟอร์มิก และนำตัวอย่างมาไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพื่อหาปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ โดยผลการทดลองจะแสดงดัง ภาพที่ 4.1-4.9 และตารางที่ 4.1-4.9 (ข้อมูลดิบจากการไทเทรตจะแสดงไว้ในภาคผนวก ช) โดยเรียงลำดับจากน้ำกลั่น สารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายกรดฟอสฟอริก สารละลายกรดไนตริก ที่ปริมาณ 1 และ 2 ml และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่ปริมาณ 0.1 และ 1 ml ตามลำดับ

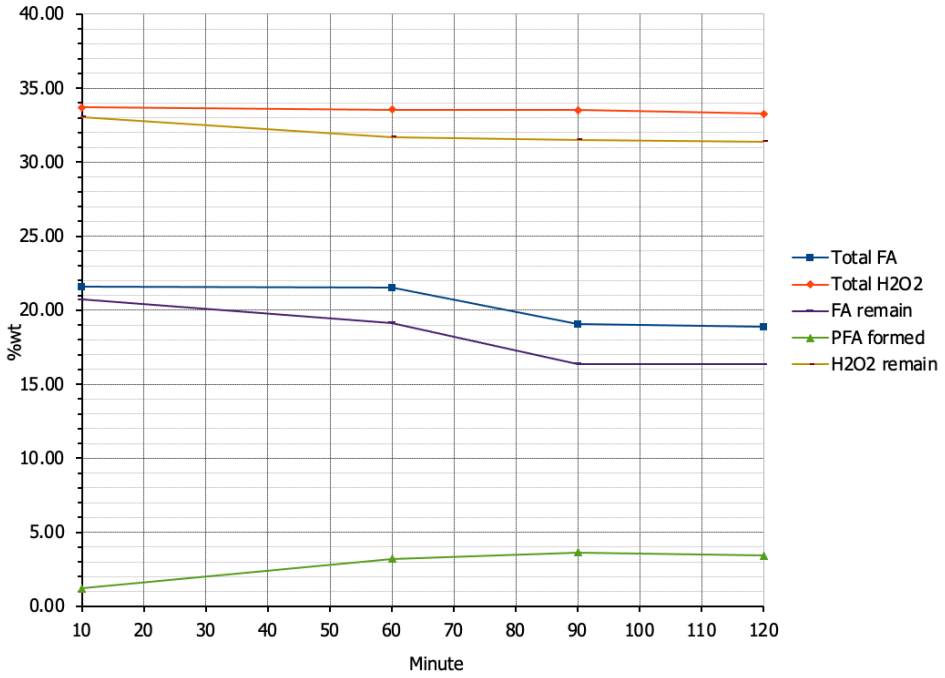
4.1.1 การผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกเมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

“ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml”

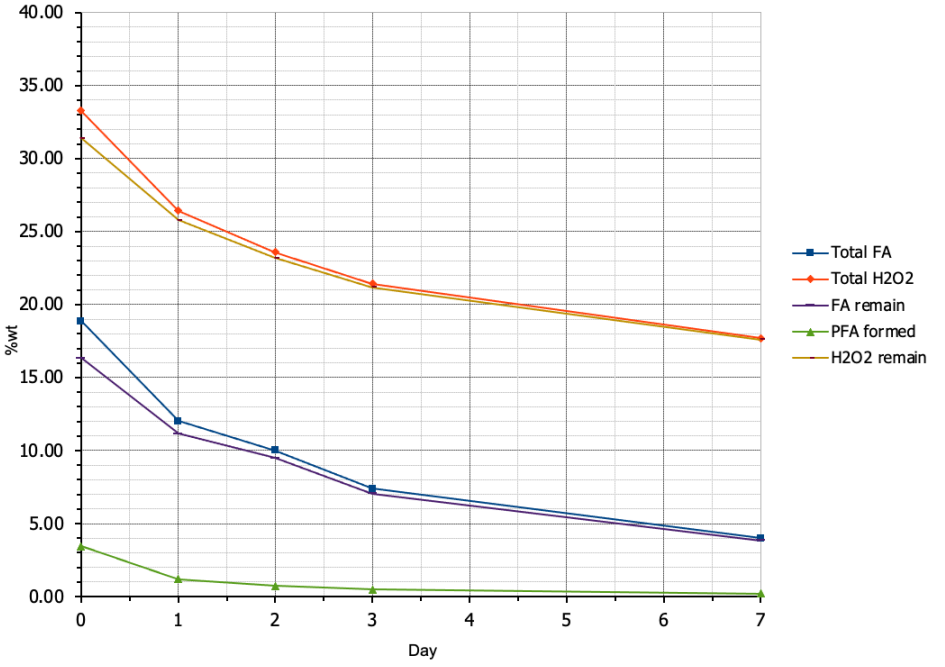
จากภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อปฏิกิริยาเริ่มต้น ปริมาณของกรดฟอร์มิก เริ่มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการที่เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก จะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม และได้ค่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.65 %wt ในช่วงเวลา 90 นาที และยังคงมีแนวโน้มคงที่ต่อไปอีก จนหลังจากช่วง 120 นาที จะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงแรก และหลังจากนั้นจะค่อนข้างคงที่ตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 90 จนถึง 120 ซึ่งหลังจากนั้นปริมาณกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1-2 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ

นอกจากนี้ในระหว่างการทดลองจะพบว่าหลังจากการผสม 90 นาที จะเกิดความร้อนและมีไอน้ำเกาะบริเวณภายในของภาชนะ และหลังจากวันที่ 1 มีไอน้ำบริเวณภายในของภาชนะ โดยจะเกิดกับทุกตัวอย่างที่ทำการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.1ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.1ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	21.585	33.702	20.698	1.195	33.047
60	21.505	33.552	19.138	3.189	31.697
90	19.062	33.519	16.357	3.645	31.520
120	18.874	33.273	16.328	3.431	31.391

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	18.874	33.273	16.328	3.431	31.391
1	12.032	26.430	11.140	1.203	25.771
2	10.019	23.589	9.482	0.724	23.192
3	7.402	21.433	7.051	0.473	21.174
4					
5					
6					
7	3.993	17.694	3.848	0.196	17.587

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 0.1 และ 1 ml ตามลำดับ

(ก) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml”

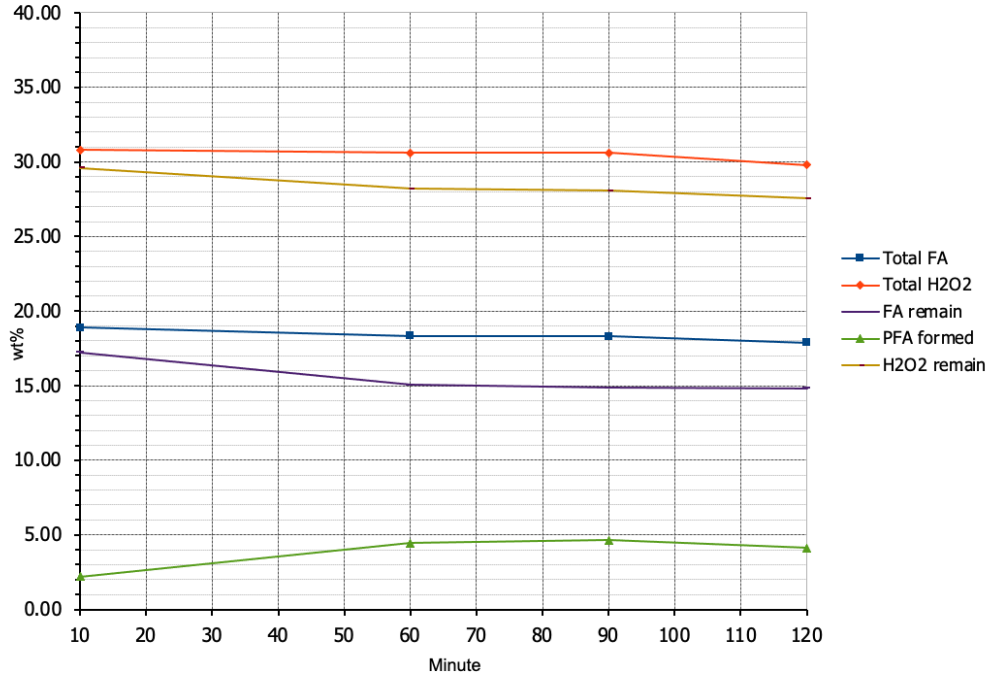
จากภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.2 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 0.1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะเห็นว่าอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม โดยตัวอย่างที่มีสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 ml ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.63 %wt ในช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงแรก และหลังจากนั้นจะค่อนข้างคงที่ตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 90 จนถึง 120 ซึ่งและหลังจากนั้นปริมาณกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ นอกจากนี้จะเห็นจากปริมาณรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลมาจากกรดไฮโดรคลอริกจะไปเร่งการสลายตัวไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แม้ว่ากรดไฮโดรคลอริกจะเป็นกรดแก่เช่นเดียวกับกรดซัลฟิวริก และเป็นกรดที่แก่กว่ากรดฟอสฟอริก แต่กรดไฮโดรคลอริกกลับแสดงพฤติกรรมที่ตรงข้าม กล่าวคือ การมีอยู่ของกรดไฮโดรคลอริกจะไปเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นผลมาจากคลอไรด์ไอออนในสภาวะที่เป็นกรด ดังกลไกต่อไปนี้ [23]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

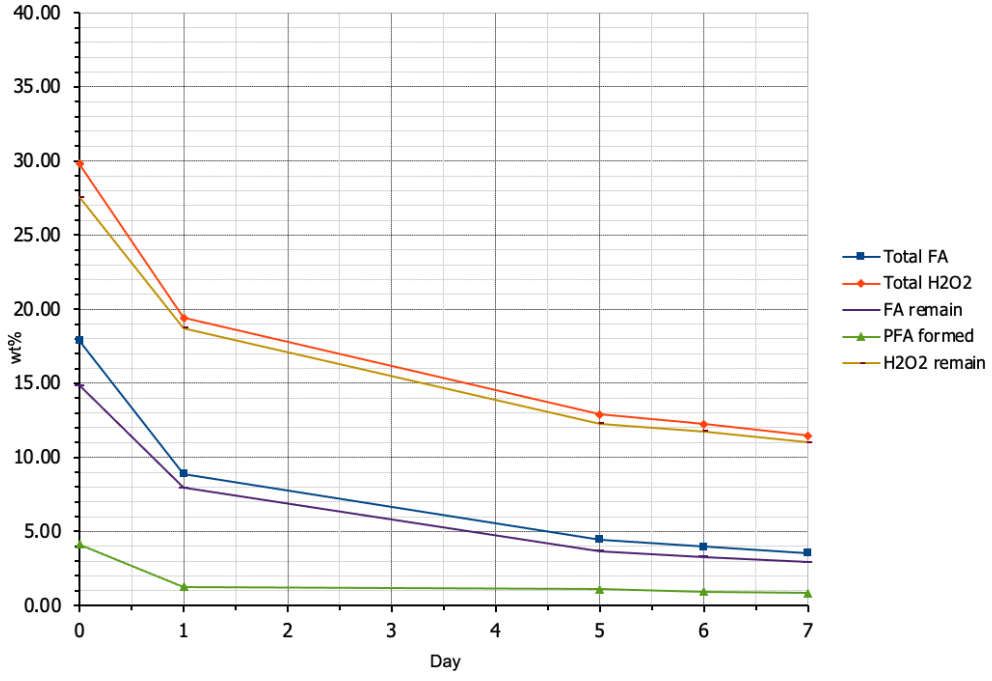
$$2H^+ + 2Cl^- + H_2O_2 = Cl_2 + 2H_2O \qquad \Delta F° = -48{,}470 \qquad (1)$$

$$Cl_2 + H_2O_2 = O_2 + 2Cl^- + 2H^+ \qquad \Delta F° = -32{,}920 \qquad (2)$$

ดังนั้นการพิจารณากรดที่นำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก อาจพิจารณาเพียงแค่ความแรงของกรดนั้นไม่ได้ จำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบที่อาจเกิดจากไอออนลบซึ่งเกิดจากการแตกตัวของกรดนั้นด้วย



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.2ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.2ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	18.879	30.810	17.237	2.212	29.597
60	18.343	30.618	15.051	4.436	28.185
90	18.297	30.596	14.858	4.633	28.055
120	17.892	29.799	14.833	4.122	27.538

(ข)

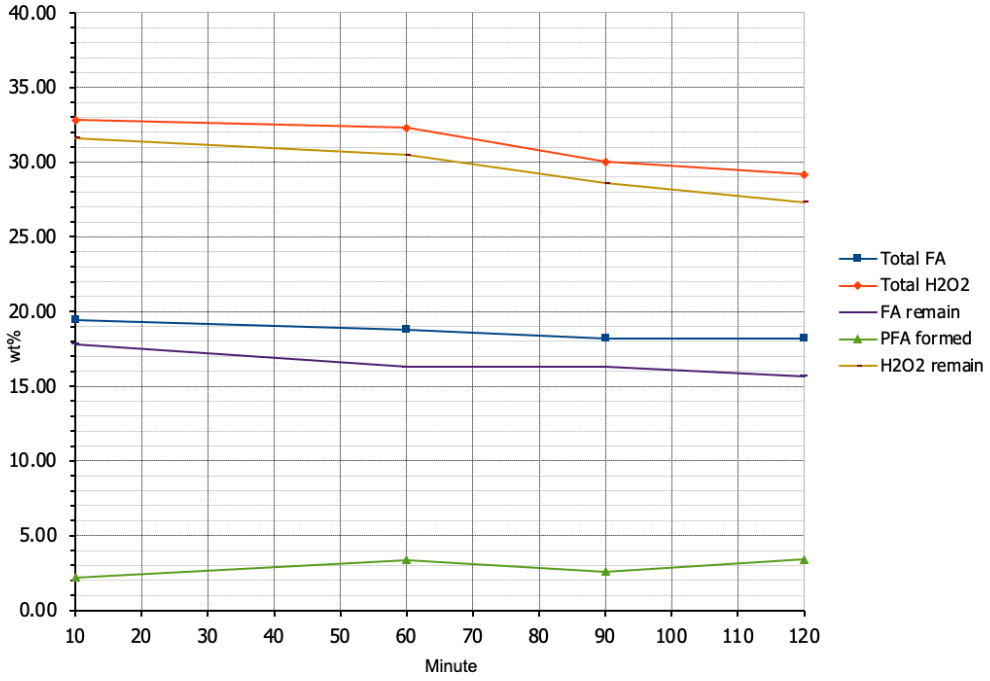
Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	17.892	29.799	14.833	4.122	27.538
1	8.879	19.422	7.932	1.275	18.722
2					
3					
4					
5	4.472	12.881	3.665	1.087	12.285
6	3.967	12.257	3.277	0.930	11.747
7	3.549	11.445	2.932	0.831	10.990

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

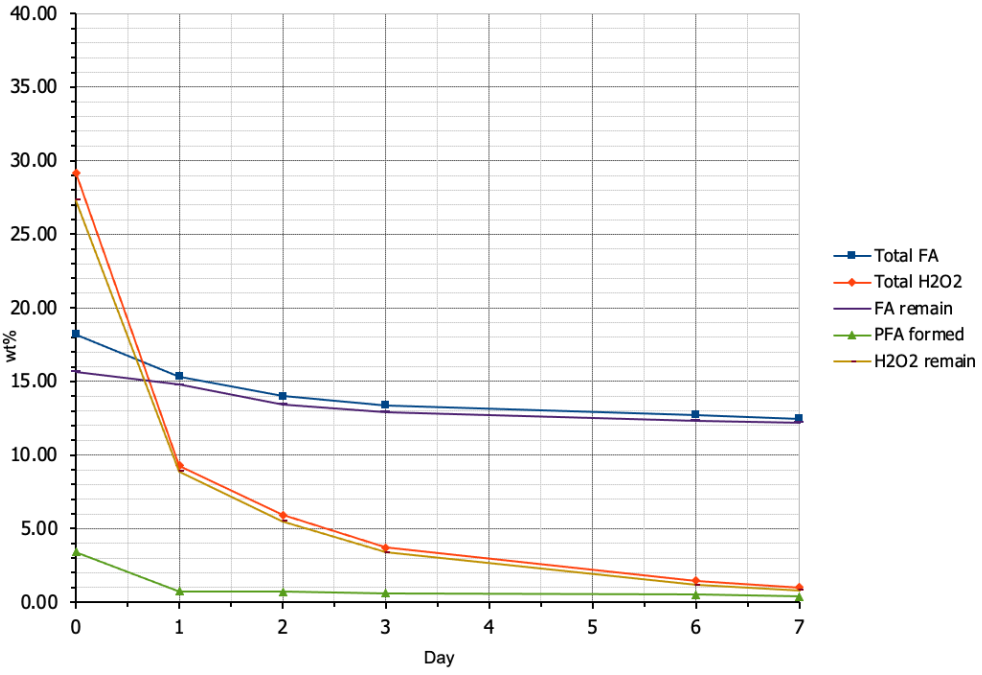
(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml”

จากภาพที่ 4.3 และตารางที่ 4.3 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะเห็นว่าอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม โดยตัวอย่างที่มีสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 ml ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.42 %wt ที่ช่วง 120 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นอกจากนี้ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ช่วงหลังจาก 120 นาที จนถึงวันที่ 5 ซึ่งเป็นผลมาจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ไปเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จนทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เหลือน้อยมาก ไม่เพียงพอสำหรับทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิก จึงทำให้อัตราการสลายตัวมากกว่าอัตราการเกิด เมื่อมีสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นสูง จะส่งผลทำให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้น โดยการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดจากไอออนในสภาวะที่เป็นกรดจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกิดเป็นแก๊สออกซิเจน, โปรตอน และคลอไรด์ไอออน ทำให้ในปฏิกิริยามีคลอไรด์ไอออนอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดการสลายตัว นอกจากนี้ในระยะการทดลองพบว่าการเติมสารละลายกรดไฮดดรคลอริก 1 ml จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงมาก ซึ่งจะเกิดทั้งความร้อนและเกิดการเดือด ทำให้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณเพื่อทำการทดลองต่อไปได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดอันตราย

ดังนั้นการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจึงไม่เหมาะสำหรับการนำมาผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงมากซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายได้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.3ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.3ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	19.455	32.817	17.815	2.210	31.604
60	18.796	32.306	16.304	3.358	30.464
90	18.213	30.011	16.285	2.597	28.587
120	18.210	29.183	15.676	3.415	27.310

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	18.210	29.183	15.676	3.415	27.310
1	15.352	9.283	14.796	0.750	8.872
2	13.991	5.907	13.453	0.725	5.509
3	13.374	3.713	12.918	0.614	3.376
4					
5					
6	12.727	1.453	12.346	0.513	1.171
7	12.484	1.016	12.205	0.376	0.810

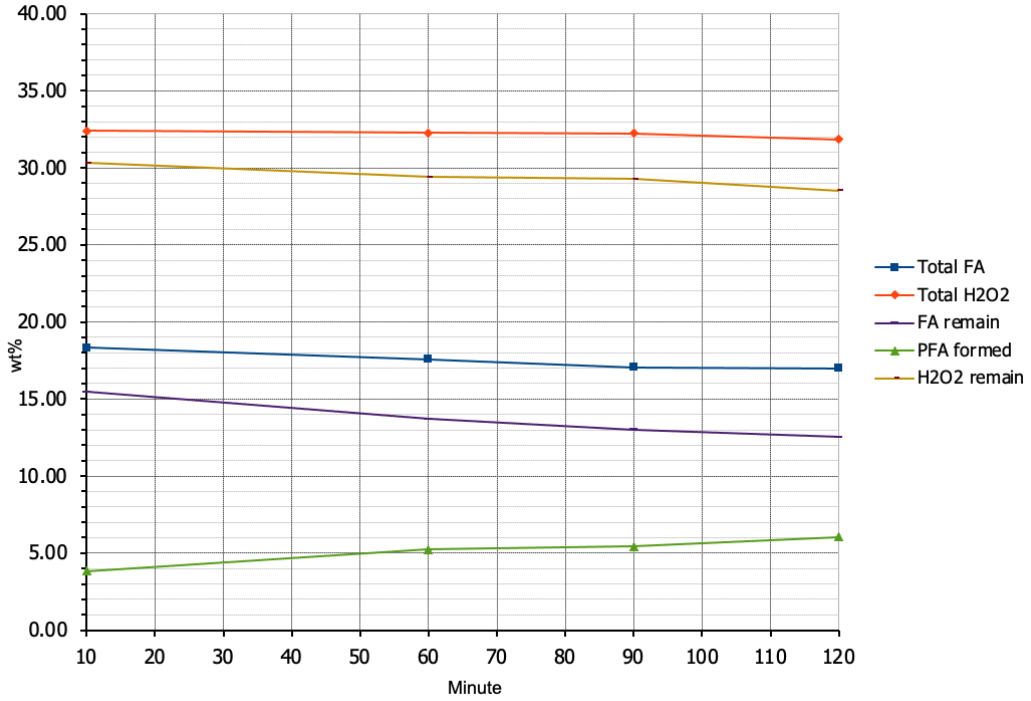
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.3 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 ที่ปริมาณ 1 และ 2 ml ตามลำดับ

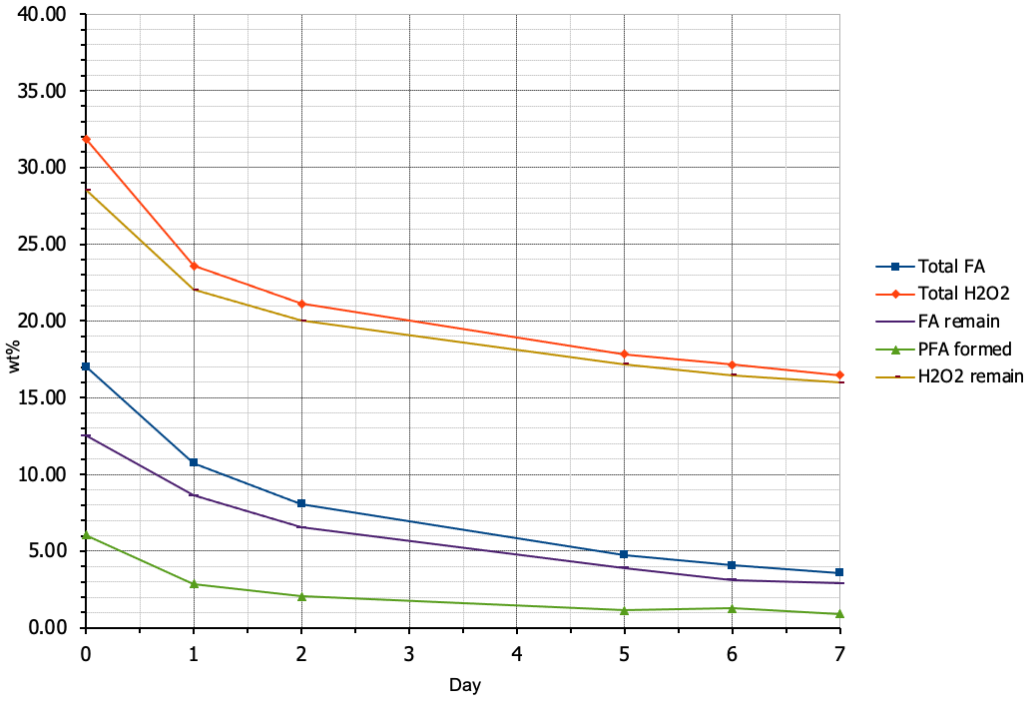
(ก) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml”

จากภาพที่ 4.4 และตารางที่ 4.4 จะเป็นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยจะมีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม และผลที่ได้ออกมาจะพบว่ามีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงขึ้น อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สูง โดยที่ตัวอย่างที่มีสารละลายกรดซัลฟิวริก 1 ml จะได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 6.05 %wt ในช่วง 120 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1-2 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.4ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.4ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	18.315	32.412	15.468	3.836	30.308
60	17.578	32.273	13.700	5.225	29.407
90	17.045	32.249	13.029	5.412	29.281
120	17.005	31.845	12.519	6.045	28.530

(ข)

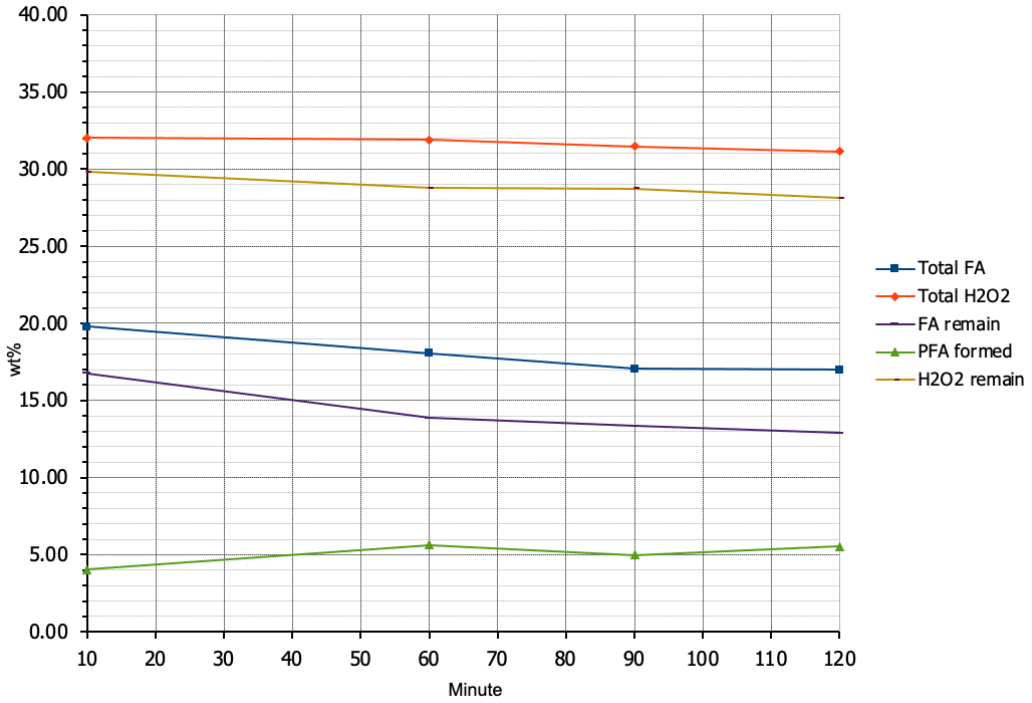
Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	17.005	31.845	12.519	6.045	28.530
1	10.738	23.596	8.620	2.853	22.031
2	8.067	21.130	6.554	2.038	20.012
3					
4					
5	4.742	17.820	3.891	1.147	17.191
6	4.082	17.158	3.129	1.283	16.455
7	3.577	16.460	2.905	0.906	15.963

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

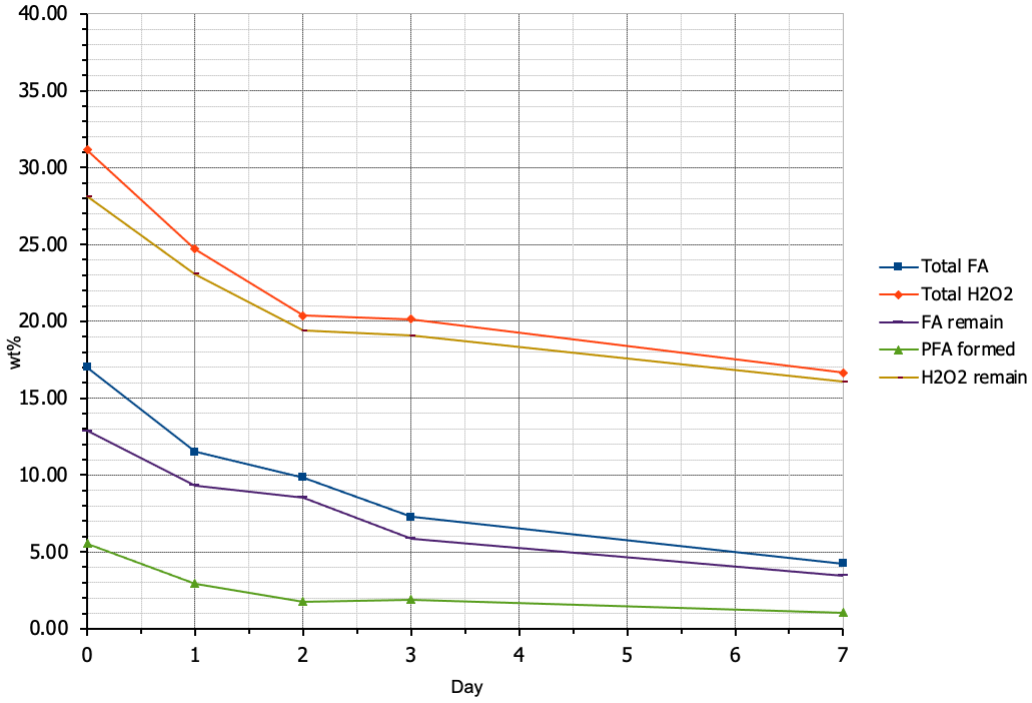
(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml”

จากภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.5 จะเป็นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 2 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยจะมีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม และผลที่ได้ออกมาจะพบว่ามีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงขึ้น อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สูง โดยที่ตัวอย่างที่มีสารละลายกรดซัลฟิวริก 2 ml จะได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 5.65 %wt ในช่วง 60 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1-2 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ โดยที่ปริมาณรวมของกรดทั้งหมดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดของทั้ง 1 และ 2 ml มีอัตราส่วนการลดลงที่ใกล้เคียงกัน จากการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกมีผลทำให้เพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ แต่ในขณะเดียวกันหากมีการเติมสารละลายกรดที่มากเกินพอจะทำให้เกิดการปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิกลดลง ดูได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ 1 เทียบกับ 2 ml

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.5ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.5ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	19.774	32.035	16.767	4.052	29.813
60	18.059	31.879	13.870	5.645	28.784
90	17.053	31.462	13.358	4.979	28.731
120	16.997	31.151	12.882	5.545	28.110

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	16.997	31.151	12.882	5.545	28.110
1	11.506	24.686	9.317	2.950	23.068
2	9.841	20.357	8.539	1.754	19.395
3	7.277	20.128	5.861	1.909	19.081
4					
5					
6					
7	4.240	16.642	3.453	1.061	16.060

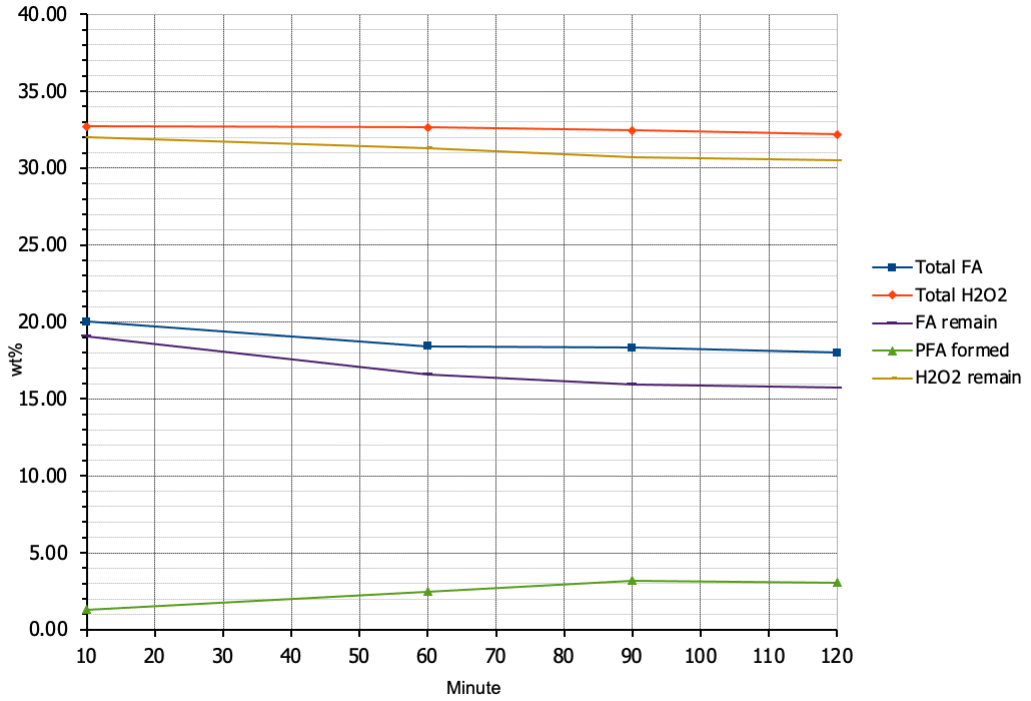
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.4 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 ที่ปริมาณ 1 และ 2 ml ตามลำดับ

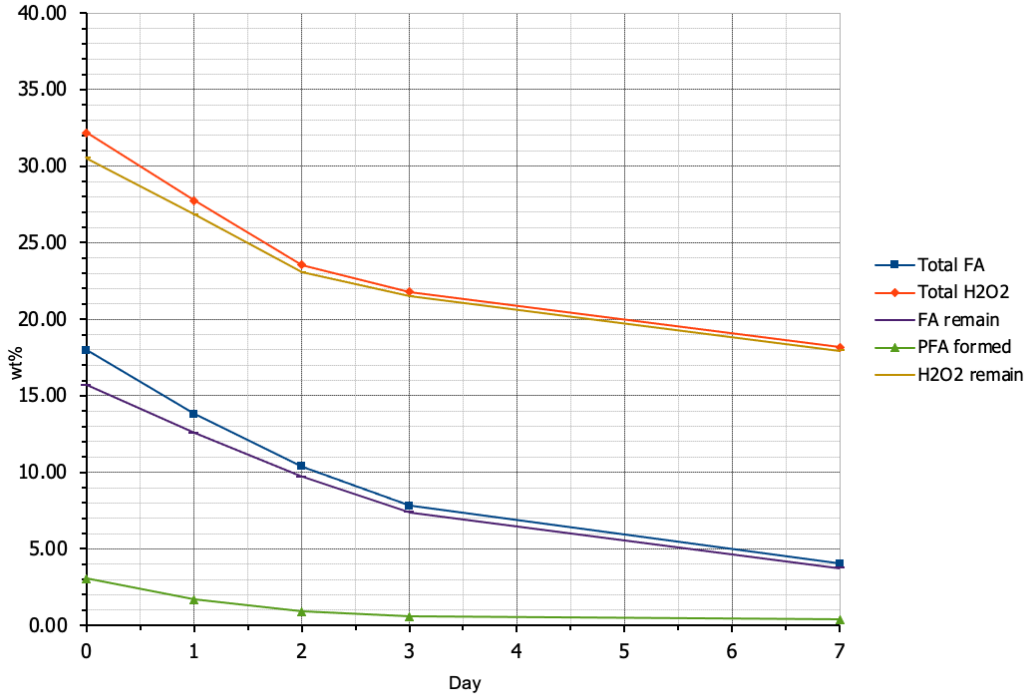
(ก) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml”

จากภาพที่ 4.6 และตารางที่ 4.6 จะเป็นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยจะมีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม ซึ่งการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก 1 ml ไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดูได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงกับการไม่เติมสารละลายกรด โดยที่ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.21 %wt ในช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1-2 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – วันที่ 7

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml

(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.6ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.6ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	20.022	32.703	19.064	1.292	31.995
60	18.429	32.656	16.591	2.476	31.298
90	18.330	32.464	15.949	3.208	30.705
120	17.987	32.191	15.710	3.068	30.509

(ข)

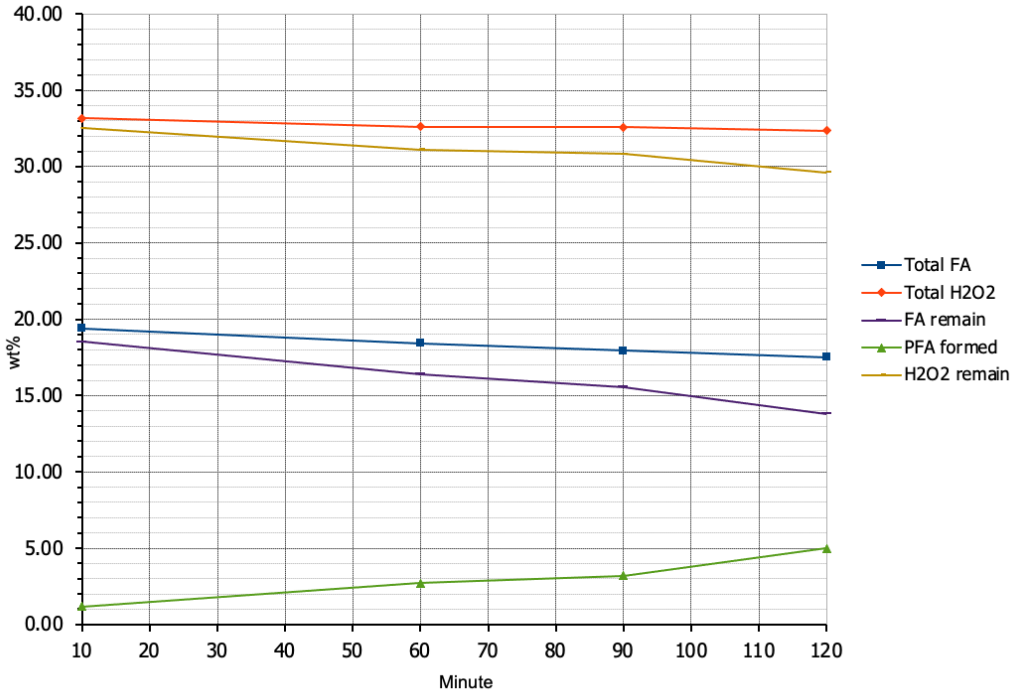
Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	17.987	32.191	15.710	3.068	30.509
1	13.816	27.751	12.560	1.692	26.823
2	10.391	23.558	9.710	0.918	23.055
3	7.825	21.796	7.397	0.576	21.480
4					
5					
6					
7	4.037	18.158	3.749	0.389	17.945

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

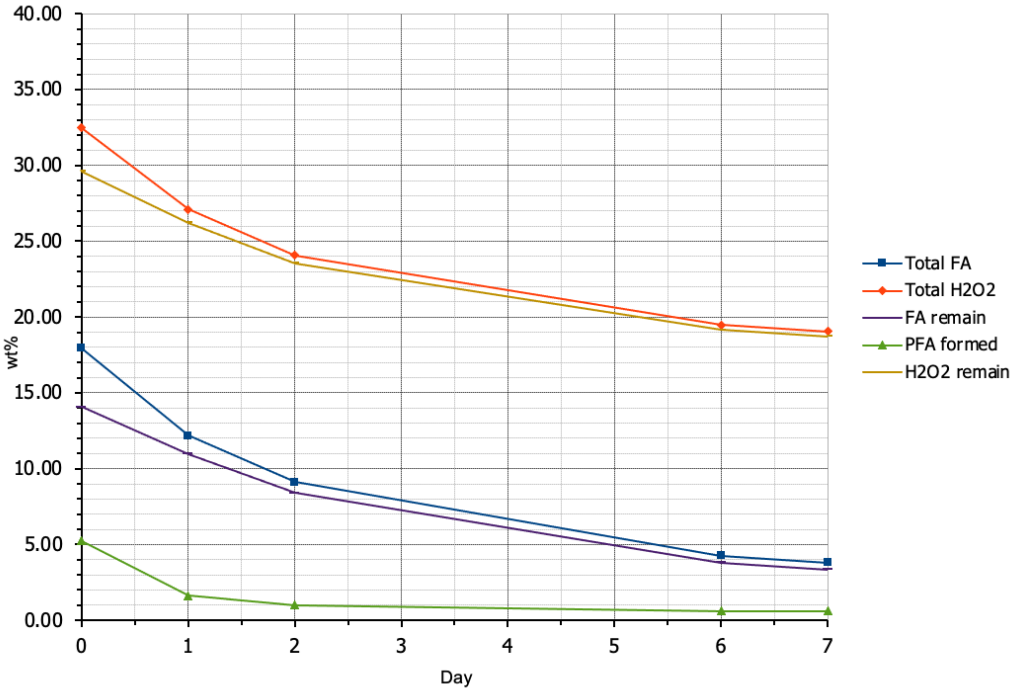
(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml”

จากภาพที่ 4.7 และตารางที่ 4.7 จะเป็นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 2 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยจะมีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม ซึ่งการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก 2 ml ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิก ทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมากขึ้นเล็กน้อย ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.99 %wt ที่ช่วง 120 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1-2 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ โดยที่ปริมาณรวมของกรดทั้งหมดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดของทั้ง 1 และ 2 ml มีอัตราส่วนการลดลงที่ใกล้เคียงกัน จากการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก 2 ml มีผลทำให้เพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ และการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริกทั้ง 1 และ 2 ml จะมีผลทำให้การสลายตัวช้าลงได้ ซึ่งดูได้จากปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) – วันที่ 7

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml

(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.7ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.7ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	19.396	33.172	18.514	1.188	32.521
60	18.424	32.599	16.411	2.713	31.111
90	17.949	32.585	15.574	3.201	30.830
120	17.508	32.344	13.800	4.996	29.605

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	17.508	32.344	13.800	4.996	29.605
1	12.165	27.088	10.964	1.618	26.200
2	9.130	24.076	8.395	0.990	23.533
3					
4					
5					
6	4.262	19.468	3.815	0.603	19.137
7	3.810	19.065	3.357	0.610	18.730

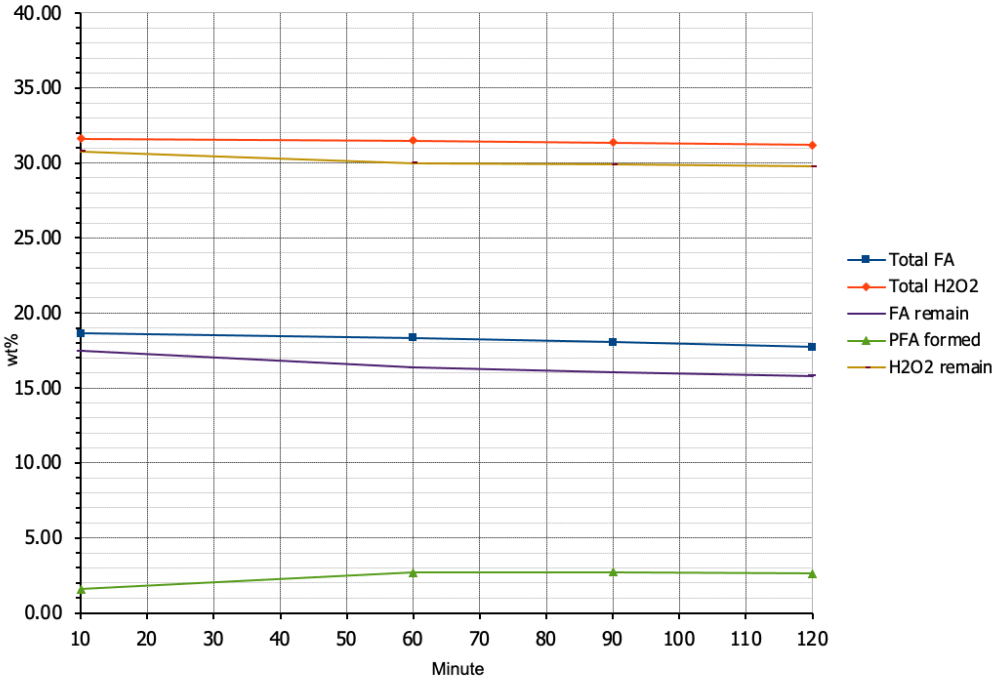
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.5 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 ที่ปริมาณ 1 และ 2 ml ตามลำดับ

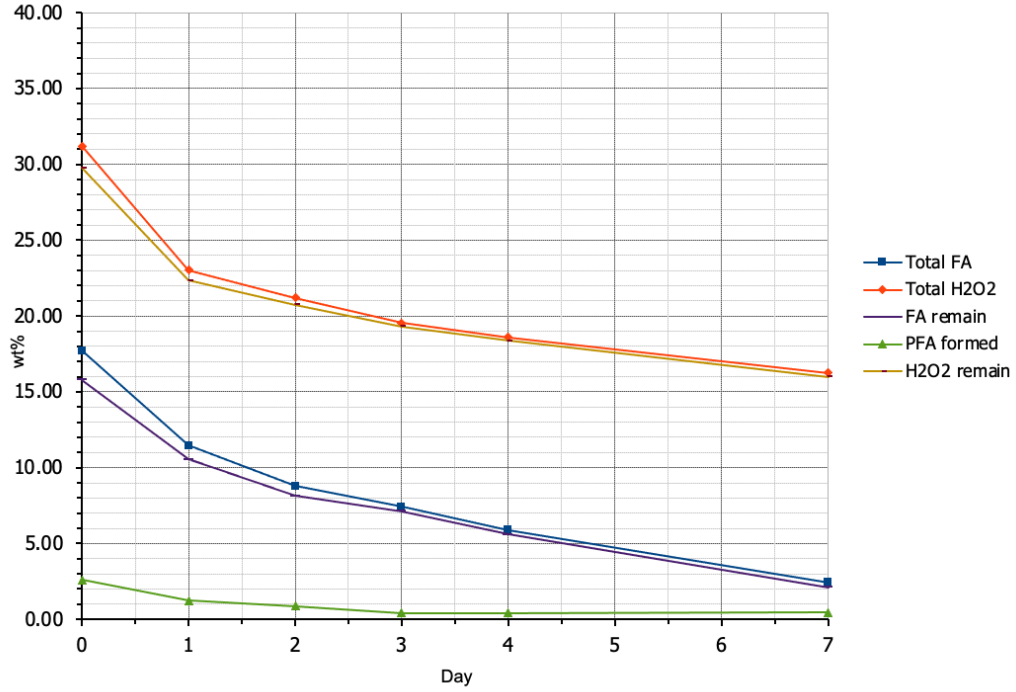
(ก) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml”

จากภาพที่ 4.8 และตารางที่ 4.8 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยจะมีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม ซึ่งการเติมสารละลายกรดไนตริก 1 ml ไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดูได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการไม่เติมสารละลายกรด โดยที่ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 2.72 %wt ในช่วง 90 นาที และมีแนวโน้มคงที่ต่อไปจนถึงช่วง 120 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1-2 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml

(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.8ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.8ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	18.630	31.622	17.465	1.569	30.762
60	18.342	31.477	16.351	2.683	30.006
90	18.038	31.373	16.023	2.716	29.883
120	17.724	31.205	15.790	2.605	29.776

(ข)

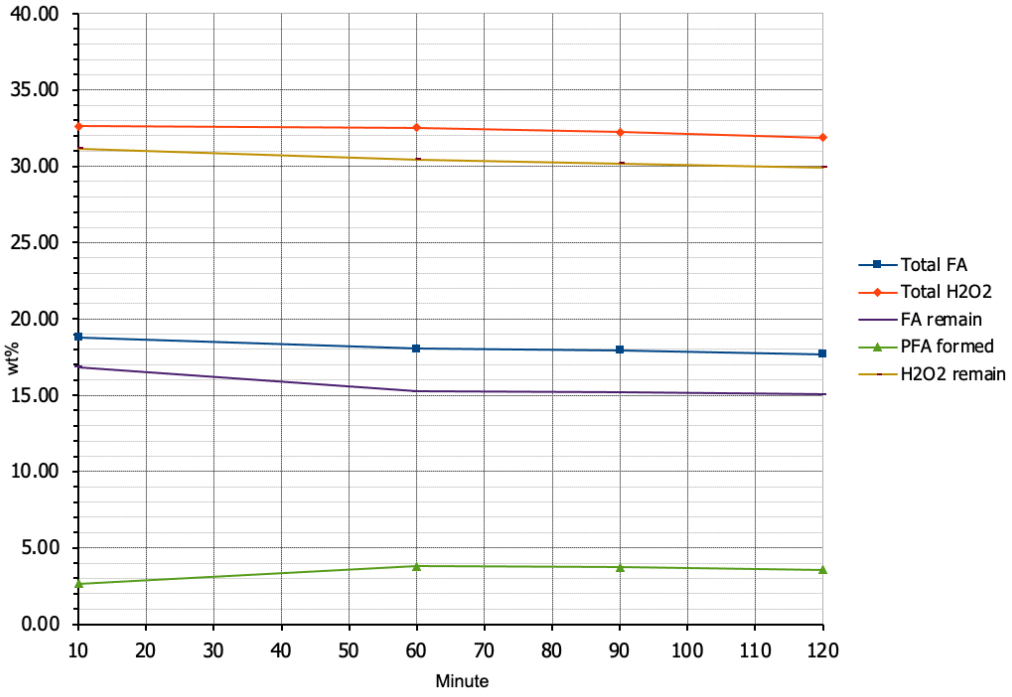
Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	17.724	31.205	15.790	2.605	29.776
1	11.461	23.013	10.540	1.241	22.332
2	8.776	21.210	8.126	0.876	20.730
3	7.424	19.545	7.123	0.406	19.323
4	5.898	18.601	5.598	0.404	18.379
5					
6					
7	2.432	16.245	2.098	0.451	15.998

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

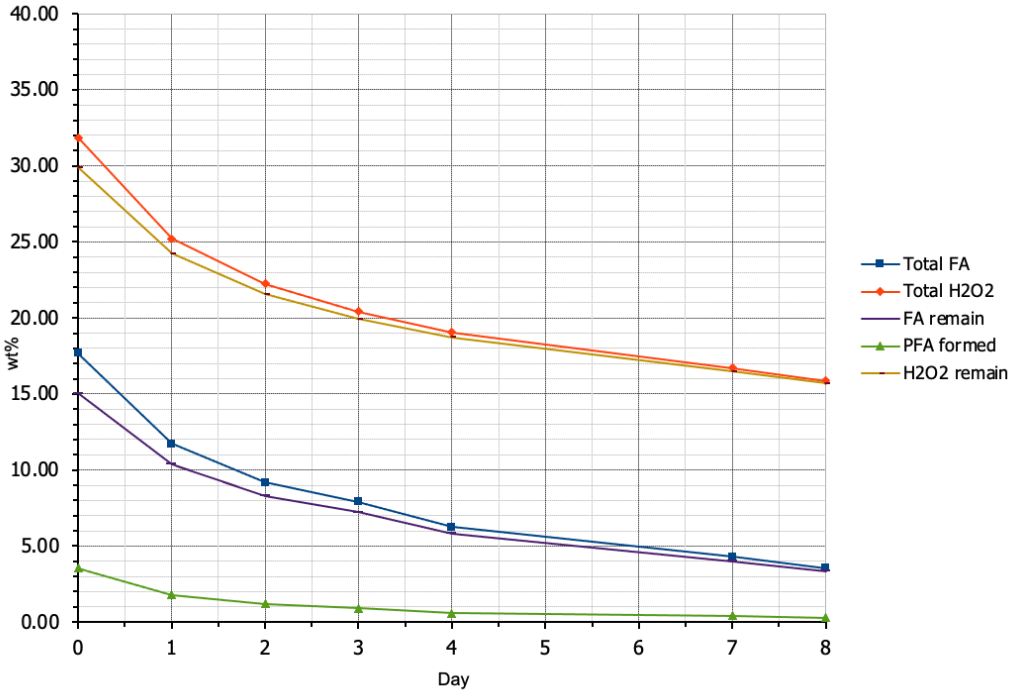
(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 17.2 ml + H_2O_2 (50%w/w) 40 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml”

จากภาพที่ 4.9 และตารางที่ 4.9 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 2 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยจะมีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม ซึ่งการเติมสารละลายกรดไนตริก 2 ml ไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิก ดูได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เทียบกับการไม่เติมสารละลายกรด โดยที่ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.79 %wt ที่เวลา 60 นาที และมีแนวโน้มคงที่ต่อไปจนถึงช่วง 120 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1-2 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ โดยที่ปริมาณรวมของกรดทั้งหมดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดของทั้ง 1 และ 2 ml มีอัตราส่วนการลดลงที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจากการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าการเติมสารละลายกรดไนตริกทั้ง 1 และ 2 ml จะไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากมีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เทียบกับการไม่เติมสารละลายกรด แต่อาจทำให้การสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกช้าลงได้ เห็นได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml

(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.9ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.9ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	18.808	32.618	16.849	2.640	31.170
60	18.046	32.537	15.237	3.785	30.461
90	17.938	32.226	15.178	3.719	30.187
120	17.684	31.862	15.046	3.555	29.912

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	17.684	31.862	15.046	3.555	29.912
1	11.708	25.209	10.373	1.799	24.222
2	9.188	22.236	8.290	1.211	21.572
3	7.915	20.431	7.240	0.910	19.932
4	6.242	19.056	5.812	0.580	18.738
5					
6					
7	4.306	16.713	4.002	0.410	16.488

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก

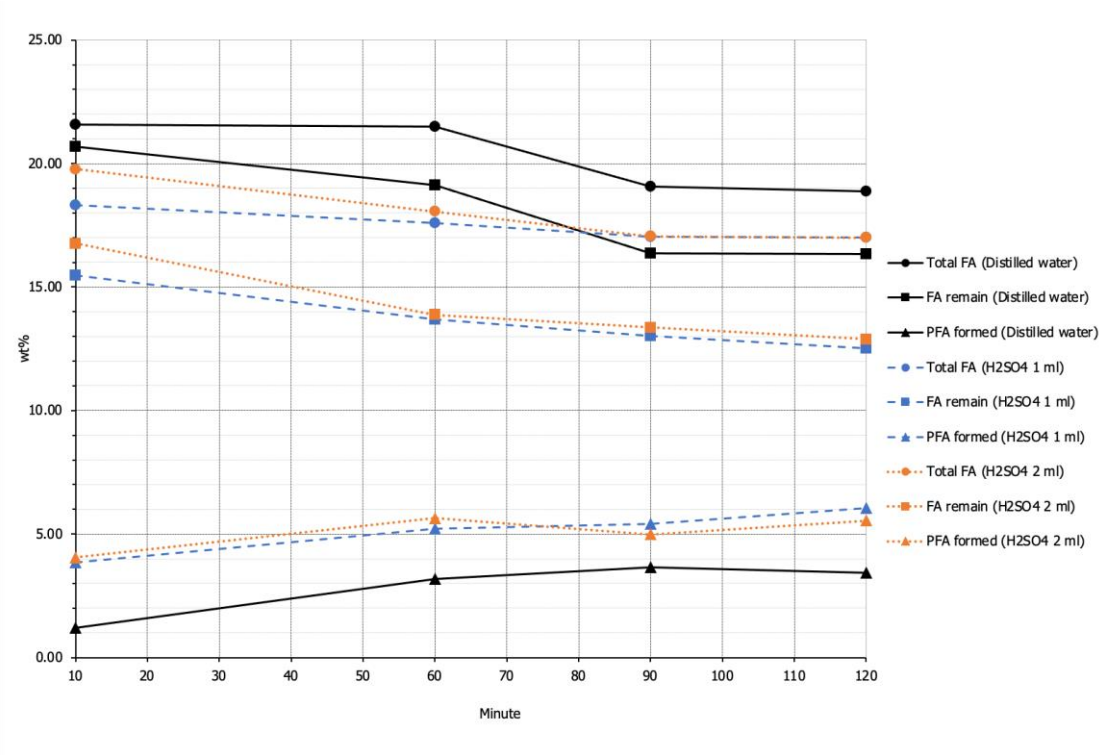
จากภาพที่ 4.10 และตารางที่ 4.10 จะเป็นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากผลที่ได้ออกมามีความคล้ายกันไม่ว่าจะเป็นความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ได้สูงขึ้น อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สูง รวมถึงอัตราการลดลงของความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมด สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรดซัลฟิวริก 1 ml จะได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 6.05 %wt ในช่วง 120 นาที และตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml จะได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 5.65 %wt ในช่วง 60 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ

สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml มีความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดที่ต่ำสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml และตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml แต่มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งบ่งชี้ว่าการเติมสารละลายกรด 1 ml ไม่สามารถชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกตามวิถีทางต่าง ๆ ได้ แต่จะช่วยทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้ากว่าการไม่เติมสารละลายกรด

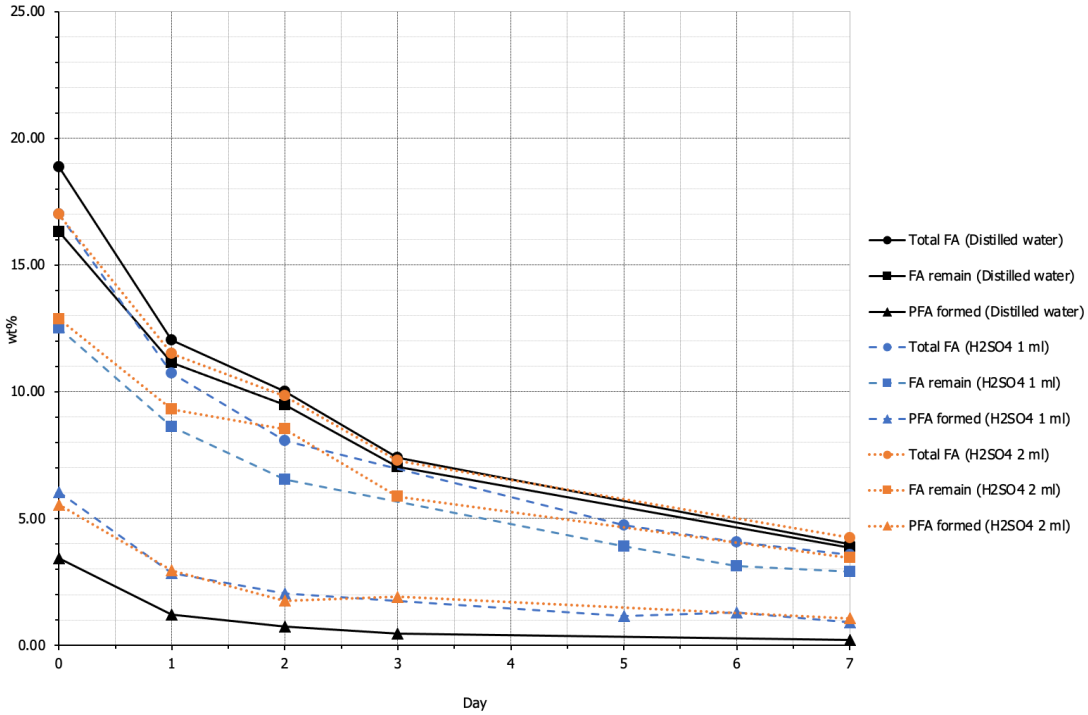
ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดนั้นมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml สิ่งนี้บ่งชี้ว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml ไม่สามารถลดการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกตามวิถีทางต่าง ๆ ได้ แต่จะช่วยทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้ากว่าการไม่เติมสารละลายกรด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

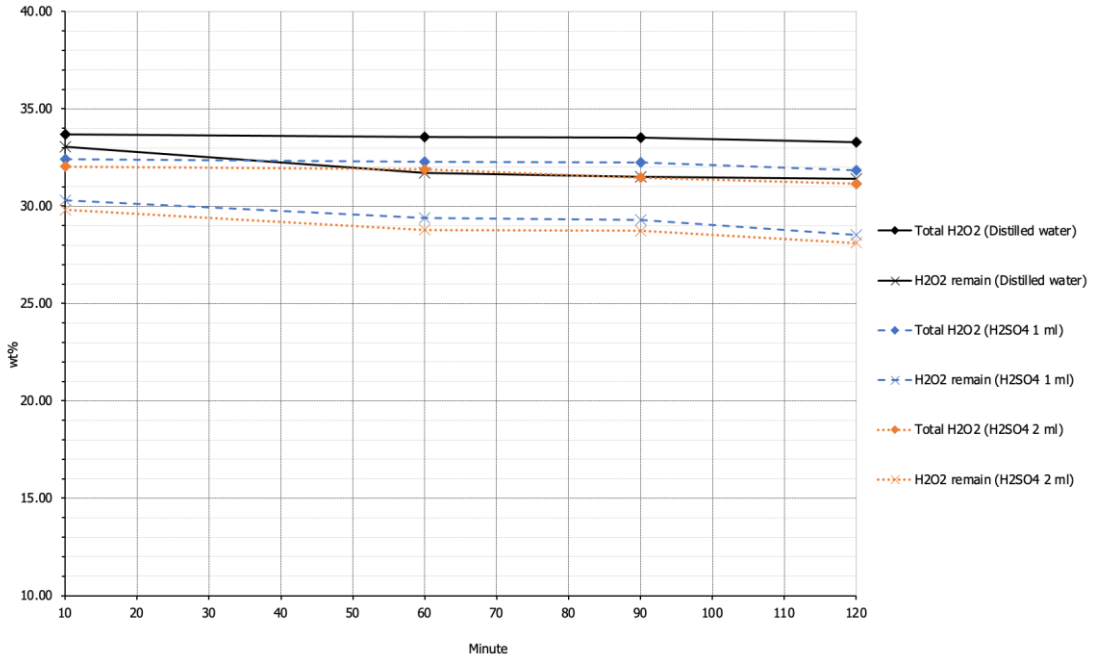
ดังนั้นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกมีผลในการช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้มากขึ้นและทำให้การสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกช้าลงได้ เมื่อเทียบกับการไม่มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml จะทำให้เกิดเปอร์ฟอร์มิกมากแต่ในทางตรงกันข้ามก็ทำให้เกิดการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกมากเช่นเดียวกัน และสำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml จะทำให้เกิดเปอร์ฟอร์มิกมากเช่นเดียวกัน และทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้ากว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml นอกจากนี้หากมีการเติมสารละลายกรดที่มากเกินไปจะทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกลดลง


25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Minute
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H2SO4 1 ml)
FA remain (H2SO4 1 ml)
PFA formed (H2SO4 1 ml)
Total FA (H2SO4 2 ml)
FA remain (H2SO4 2 ml)
PFA formed (H2SO4 2 ml)

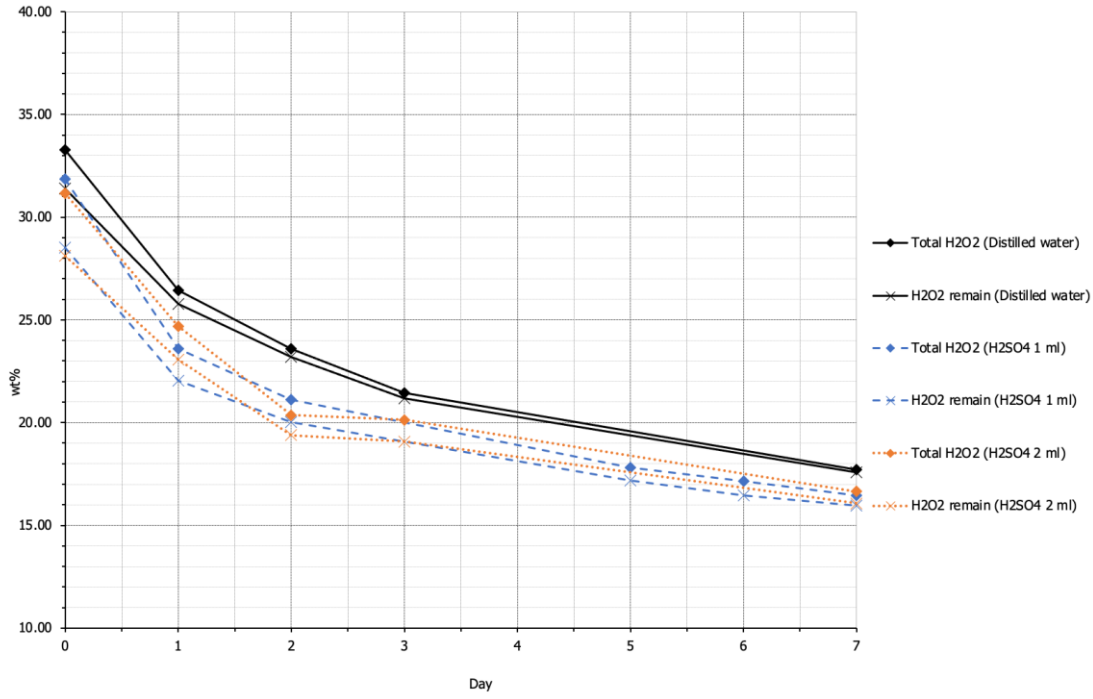
(ก)


25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
0
1
2
3
4
5
6
7
Day
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H2SO4 1 ml)
FA remain (H2SO4 1 ml)
PFA formed (H2SO4 1 ml)
Total FA (H2SO4 2 ml)
FA remain (H2SO4 2 ml)
PFA formed (H2SO4 2 ml)

(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7

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

(ก)

Min.	Distilled water			H_2SO_4 1 ml			H_2SO_4 2 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	21.585	20.698	1.195	18.315	15.468	3.836	19.774	16.767	4.052
60	21.505	19.138	3.189	17.578	13.700	5.225	18.059	13.870	5.645
90	19.062	16.357	3.645	17.045	13.029	5.412	17.053	13.358	4.979
120	18.874	16.328	3.431	17.005	12.519	6.045	16.997	12.882	5.545

(ข)

Day	Distilled water			H_2SO_4 1 ml			H_2SO_4 2 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.874	16.328	3.431	17.005	12.519	6.045	16.997	12.882	5.545
1	12.032	11.140	1.203	10.738	8.620	2.853	11.506	9.317	2.950
2	10.019	9.482	0.724	8.067	6.554	2.038	9.841	8.539	1.754
3	7.402	7.051	0.473				7.277	5.861	1.909
4									
5				4.742	3.891	1.147			
6				4.082	3.129	1.283			
7	3.993	3.848	0.196	3.577	2.905	0.906	4.240	3.453	1.061

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ค)

Minute	Distilled water		H_2SO_4 1 ml		H_2SO_4 2 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	33.702	33.047	32.412	30.308	32.035	29.813
60	33.552	31.697	32.273	29.407	31.879	28.784
90	33.519	31.520	32.249	29.281	31.462	28.731
120	33.273	31.391	31.845	28.530	31.151	28.110

(ง)

Day	Distilled water		H_2SO_4 1 ml		H_2SO_4 2 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	33.273	31.391	31.845	28.530	31.151	28.110
1	26.430	25.771	23.596	22.031	24.686	23.068
2	23.589	23.192	21.130	20.012	20.357	19.395
3	21.433	21.174			20.128	19.081
4						
5			17.820	17.191		
6			17.158	16.455		
7	17.694	17.587	16.460	15.963	16.642	16.060

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

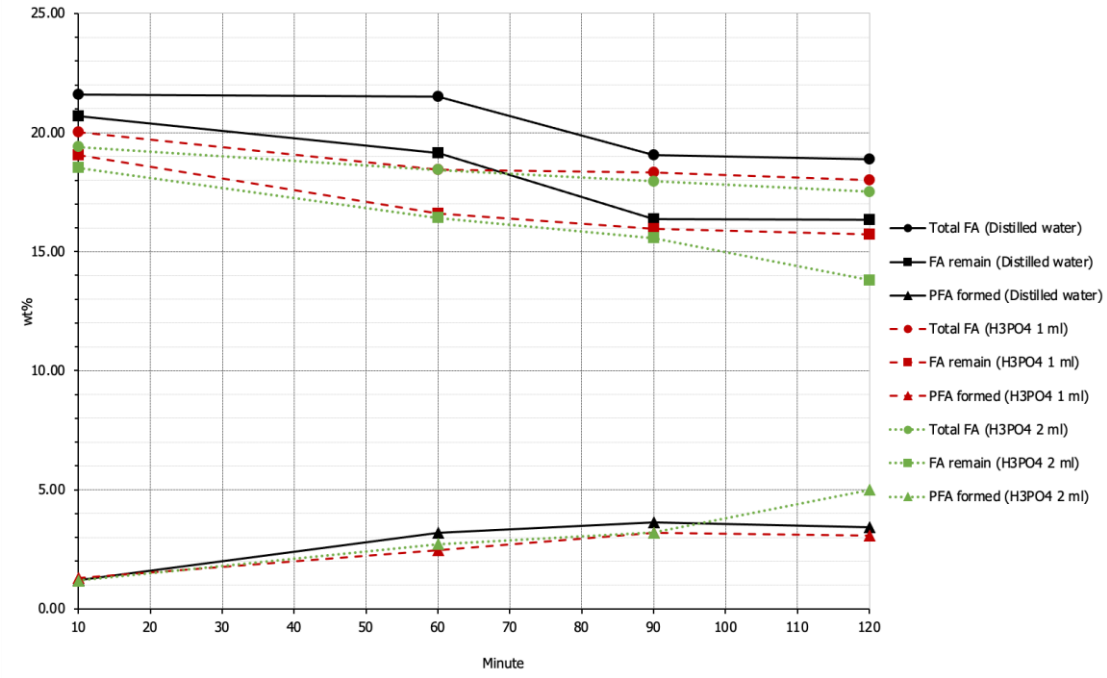
การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก

จากภาพที่ 4.11 และตารางที่ 4.11 จะเป็นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากผลพบว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกใกล้เคียงกับการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.21 %wt ในช่วง 60 นาที และตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml ทำให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะเพิ่มขึ้น ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.99 %wt ในช่วง 120 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ

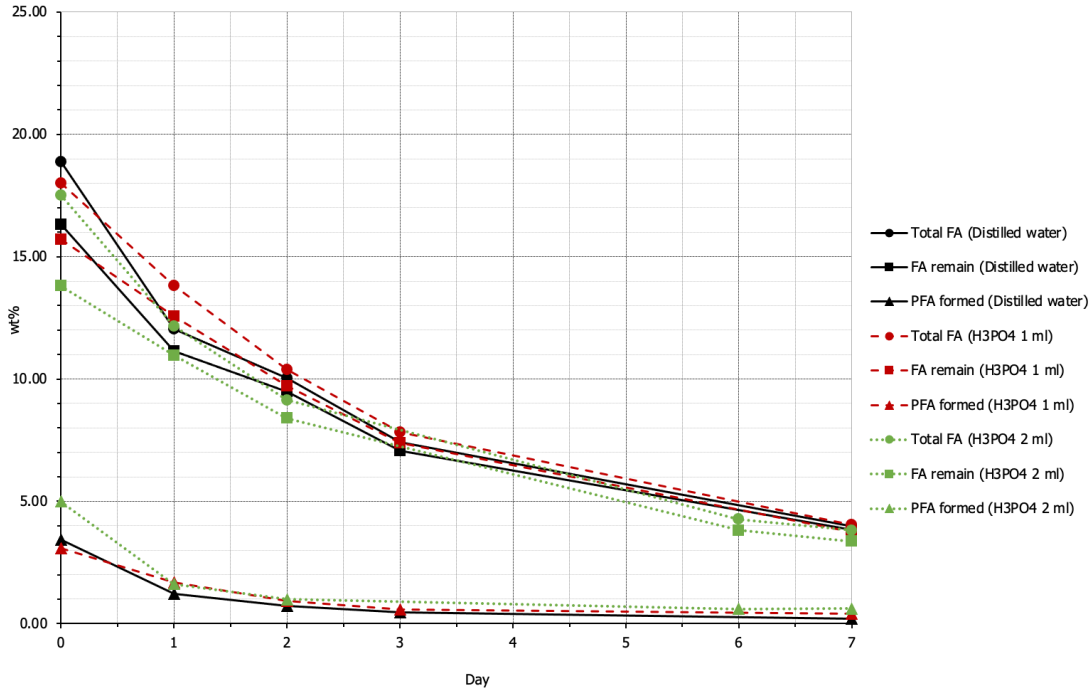
สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงทั้งกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml สำหรับความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดนั้นมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และจากผลของความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา อาจบอกได้ว่าการมีอยู่ของสารละลายกรด 1 ml จะช่วยทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้าลง

ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงทั้งกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml สำหรับความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml สิ่งนี้บ่งชี้ว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรดฟอสฟอริก 2 ml สามารถชะลอการสลายตัวไปเป็นกรดฟอร์มิกและออกซิเจนอะตอม ซึ่งเห็นได้จากความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่สูงขึ้น

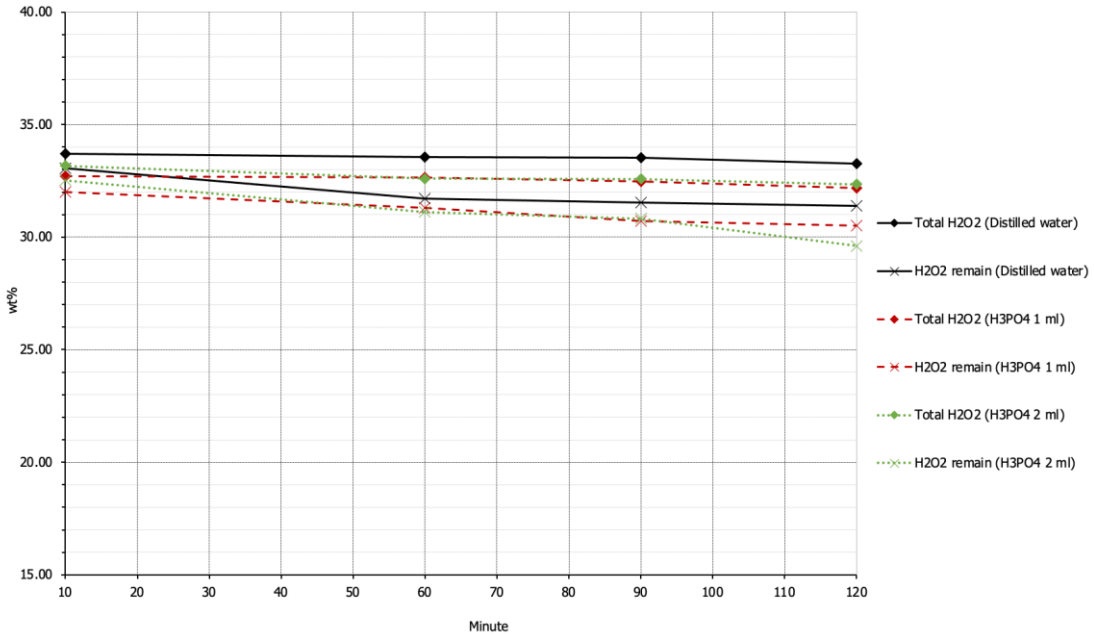
ดังนั้นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริกทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงกับการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา แต่จะช่วยในการชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกทำให้เกิดการสลายตัวที่ช้าขึ้น โดยที่การเติมสารละลายกรด 1 ml ทำให้การสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกช้าลง และสำหรับเติมสารละลายกรด 2 ml นอกจากจะทำให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกเพิ่มขึ้นแล้วยังช่วยชะลอการสูญเสียออกซิเจนอะตอมจากกรดเปอร์ฟอร์มิก


25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Minute
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H3PO4 1 ml)
FA remain (H3PO4 1 ml)
PFA formed (H3PO4 1 ml)
Total FA (H3PO4 2 ml)
FA remain (H3PO4 2 ml)
PFA formed (H3PO4 2 ml)

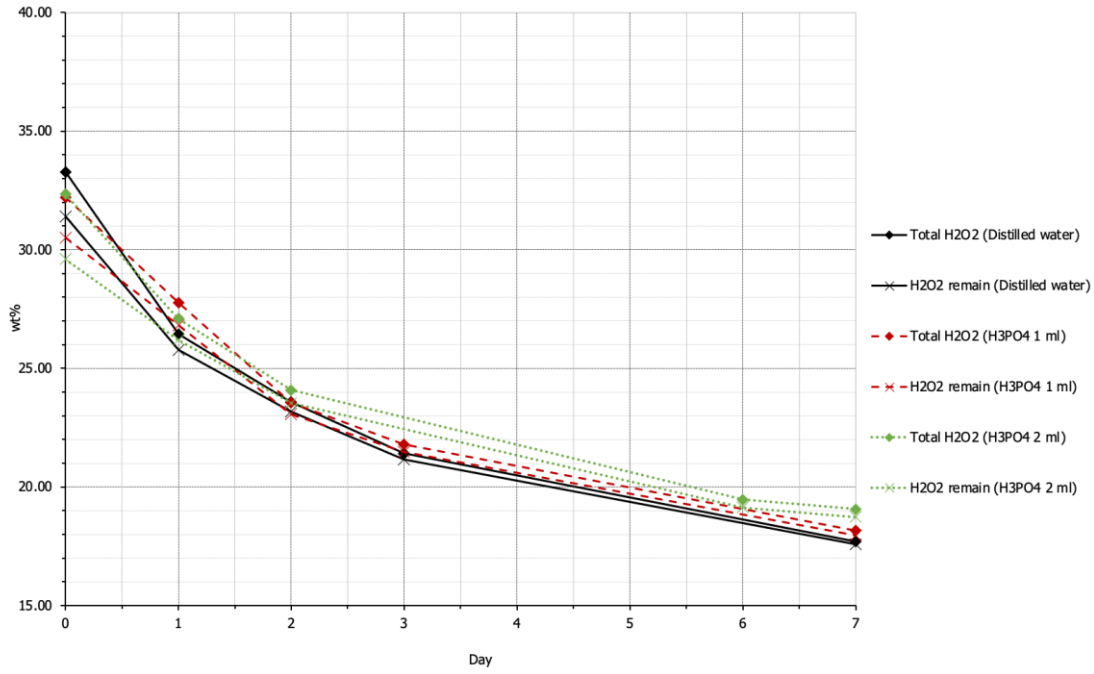
(ก)


25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
0
1
2
3
4
5
6
7
Day
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H3PO4 1 ml)
FA remain (H3PO4 1 ml)
PFA formed (H3PO4 1 ml)
Total FA (H3PO4 2 ml)
FA remain (H3PO4 2 ml)
PFA formed (H3PO4 2 ml)

(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก

(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก

(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.11ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.11ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.11ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.11ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			H_3PO_4 1 ml			H_3PO_4 2 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	21.585	20.698	1.195	20.022	19.064	1.292	19.396	18.514	1.188
60	21.505	19.138	3.189	18.429	16.591	2.476	18.424	16.411	2.713
90	19.062	16.357	3.645	18.330	15.949	3.208	17.949	15.574	3.201
120	18.874	16.328	3.431	17.987	15.710	3.068	17.508	13.800	4.996

(ข)

Day	Distilled water			H_3PO_4 1 ml			H_3PO_4 2 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.874	16.328	3.431	17.987	15.710	3.068	17.508	13.800	4.996
1	12.032	11.140	1.203	13.816	12.560	1.692	12.165	10.964	1.618
2	10.019	9.482	0.724	10.391	9.710	0.918	9.130	8.395	0.990
3	7.402	7.051	0.473	7.825	7.397	0.576			
4									
5									
6							4.262	3.815	0.603
7	3.993	3.848	0.196	4.037	3.749	0.389	3.810	3.357	0.610

(ค)

Minute	Distilled water		H_3PO_4 1 ml		H_3PO_4 2 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	33.702	33.047	32.703	31.995	33.172	32.521
60	33.552	31.697	32.656	31.298	32.599	31.111
90	33.519	31.520	32.464	30.705	32.585	30.830
120	33.273	31.391	32.191	30.509	32.344	29.605

(ง)

Day	Distilled water		H_3PO_4 1 ml		H_3PO_4 2 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	33.273	31.391	32.191	30.509	32.344	29.605
1	26.430	25.771	27.751	26.823	27.088	26.200
2	23.589	23.192	23.558	23.055	24.076	23.533
3	21.433	21.174	21.796	21.480		
4						
5						
6					19.468	19.137
7	17.694	17.587	18.158	17.945	19.065	18.730

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

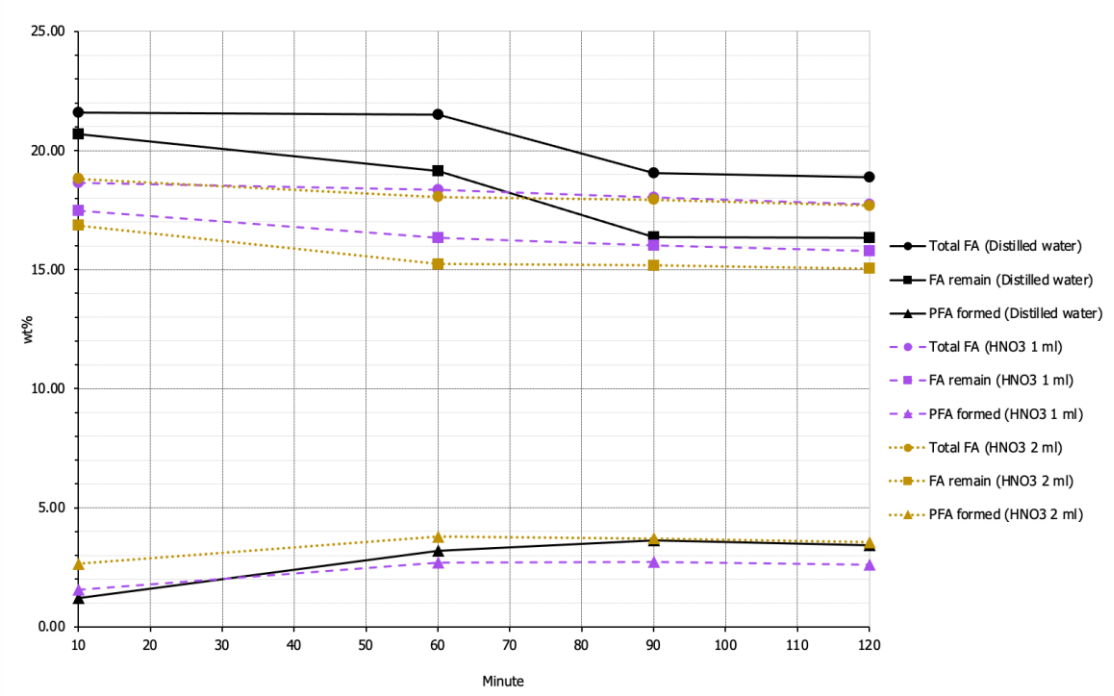
การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก

จากภาพที่ 4.12 และตารางที่ 4.12 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะพบว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกน้อยกว่าการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 2.72 %wt ในช่วง 90 นาที และตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml ทำให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงกับการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 3.79 %wt ในช่วง 60 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ

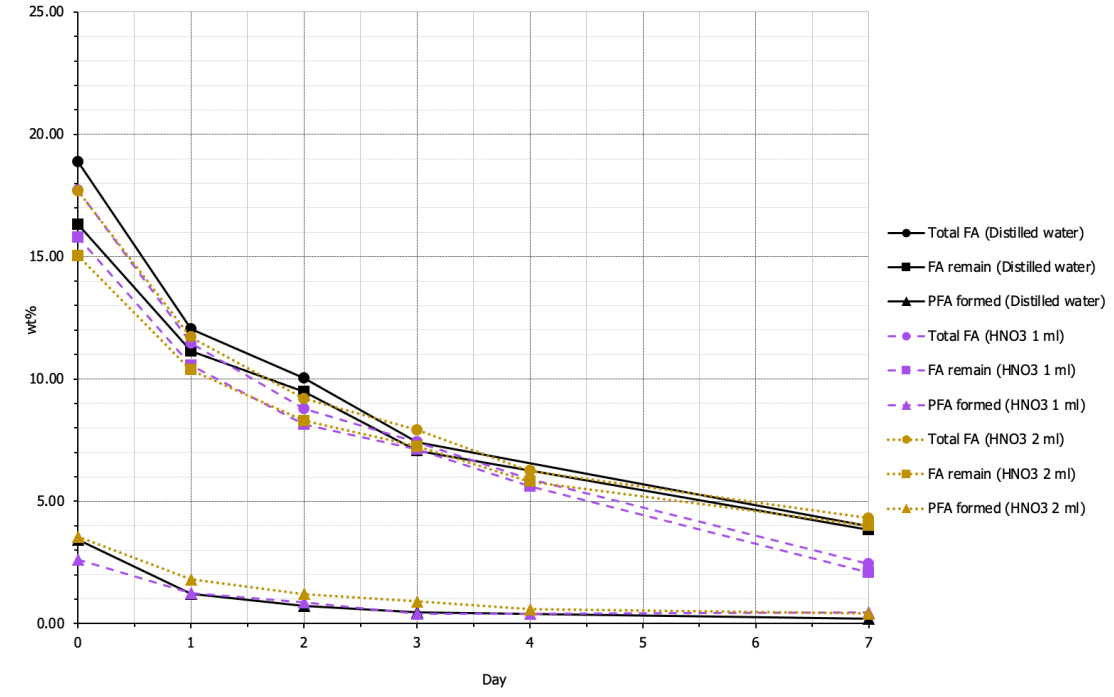
ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml มีความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml ซึ่งบ่งชี้ว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml อาจไม่สามารถชะลอการสลายตัวตามวิถีทางต่างๆได้ แต่จากผลของความเข้มข้นของการกรดเปอร์ฟอร์มิกมีมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา อาจบอกได้ว่าการมีสารละลายกรด 1 ml ช่วยทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้าลง

ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 2 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงทั้งกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ผลของความเข้มข้นของการกรดเปอร์ฟอร์มิกมีมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา อาจบอกได้ว่าการมีสารละลายกรด 2 ml ช่วยทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้าลง

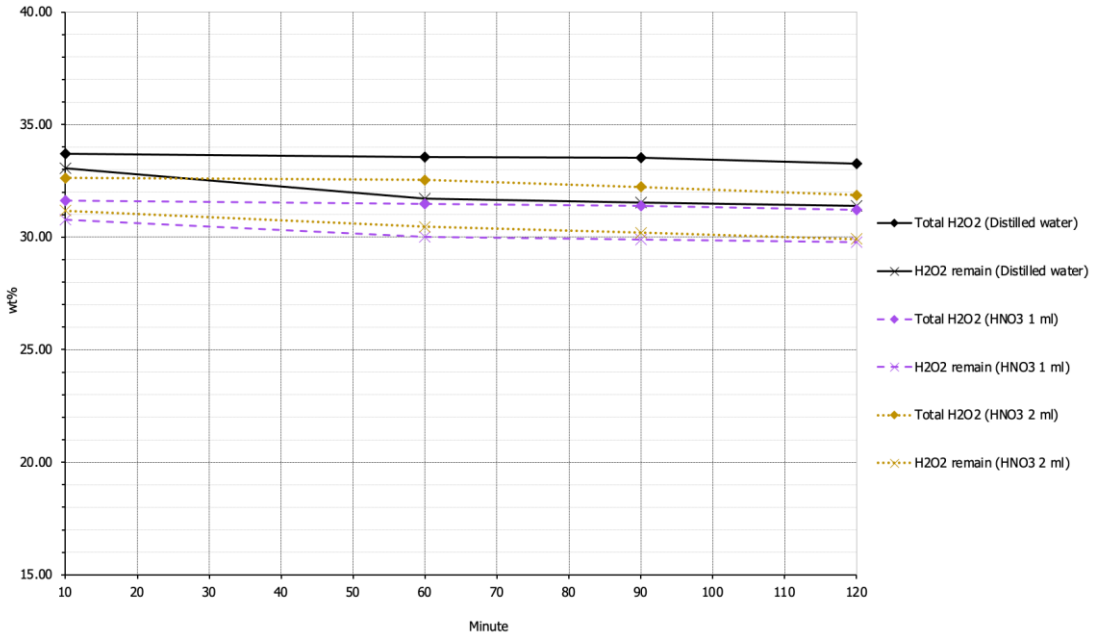
ดังนั้นการเติมสารละลายกรดไนตริกทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงกับการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อมีสารละลายกรด 2 ml ในขณะที่ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml มีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่น้อย ถึงแม้ว่าการเติมสารละลายกรดไนตริกจะไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก แต่จะส่งผลทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา


25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Minute
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (HNO3 1 ml)
FA remain (HNO3 1 ml)
PFA formed (HNO3 1 ml)
Total FA (HNO3 2 ml)
FA remain (HNO3 2 ml)
PFA formed (HNO3 2 ml)

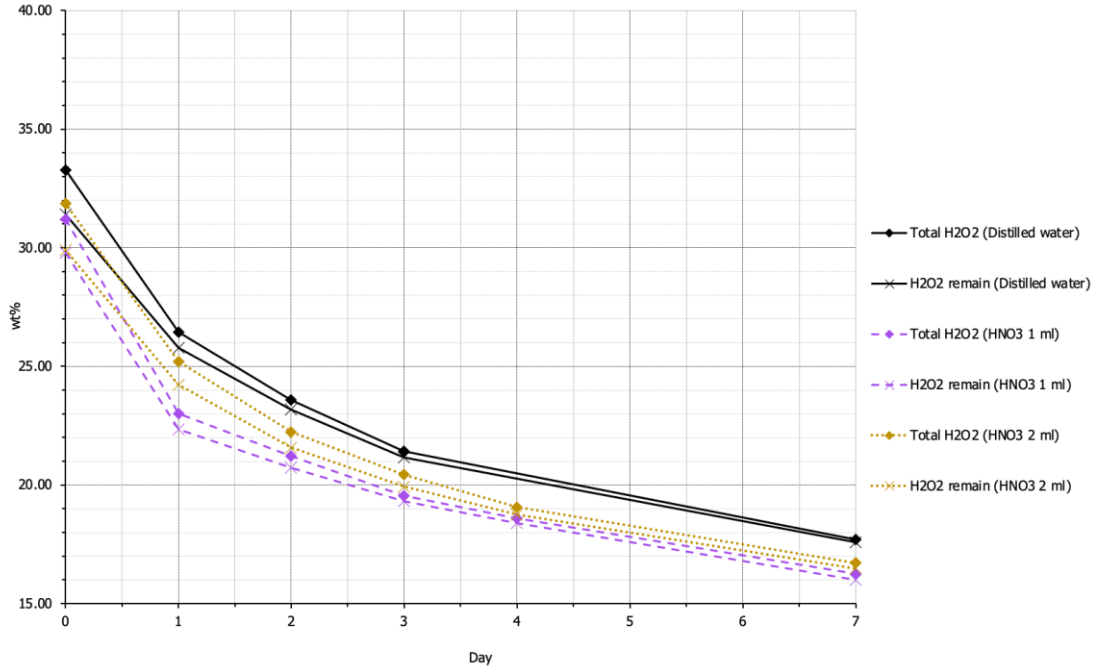
(ก)


25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
0
1
2
3
4
5
6
7
Day
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (HNO3 1 ml)
FA remain (HNO3 1 ml)
PFA formed (HNO3 1 ml)
Total FA (HNO3 2 ml)
FA remain (HNO3 2 ml)
PFA formed (HNO3 2 ml)

(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก

(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.12ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.12ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.12ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.12ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			HNO_3 1 ml			$HNO_3$2 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	21.585	20.698	1.195	18.630	17.465	1.569	18.808	16.849	2.640
60	21.505	19.138	3.189	18.342	16.351	2.683	18.046	15.237	3.785
90	19.062	16.357	3.645	18.038	16.023	2.716	17.938	15.178	3.719
120	18.874	16.328	3.431	17.724	15.790	2.605	17.684	15.046	3.555

(ข)

Day	Distilled water			HNO_3 1 ml			HNO_3 2 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	18.874	16.328	3.431	17.724	15.790	2.605	17.684	15.046	3.555
1	12.032	11.140	1.203	11.461	10.540	1.241	11.708	10.373	1.799
2	10.019	9.482	0.724	8.776	8.126	0.876	9.188	8.290	1.211
3	7.402	7.051	0.473	7.424	7.123	0.406	7.915	7.240	0.910
4				5.898	5.598	0.404	6.242	5.812	0.580
5									
6									
7	3.993	3.848	0.196	2.432	2.098	0.451	4.306	4.002	0.410

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		HNO_3 1 ml		HNO_3 2 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	33.702	33.047	31.622	30.762	32.618	31.170
60	33.552	31.697	31.477	30.006	32.537	30.461
90	33.519	31.520	31.373	29.883	32.226	30.187
120	33.273	31.391	31.205	29.776	31.862	29.912

(ง)

Day	Distilled water		HNO_3 1 ml		HNO_3 2 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	33.273	31.391	31.205	29.776	31.862	29.912
1	26.430	25.771	23.013	22.332	25.209	24.222
2	23.589	23.192	21.210	20.730	22.236	21.572
3	21.433	21.174	19.545	19.323	20.431	19.932
4			18.601	18.379	19.056	18.738
5						
6						
7	17.694	17.587	16.245	15.998	16.713	16.488

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ผลจากการศึกษาการใช้ชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1

การเตรียมตัวอย่างเริ่มจากการผสมกรดฟอร์มิก 20 ml + น้ำกลั่น 30 ml + สารละลายกรดทั้ง 3 ชนิด ที่ปริมาณ 0.1 และ 1 ml และสำหรับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่จะเติมปริมาณ 0.1 และ 0.4 ml ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงค่อยทำการเติม H_2O_2 (50%w/w) 30 ml ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และติดตามการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยนำตัวอย่างมาทำการไทเทรตด้วยเครื่อง pH meter กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ เพื่อหาปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและกรดฟอร์มิกที่เหลืออยู่ โดยในวันที่เริ่มทำการทดลอง (วันที่ 0) จะเห็นจุดสมมูลของการไทเทรต 2 จุด เนื่องจากมีกรดเปอร์ฟอร์มิกเกิดขึ้นตั้งแต่ 10 นาทีหลังจากการผสม โดยจุดแรกจะเป็นจุดสมมูลของกรดฟอร์มิก โดยปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสมมูลแรกจะเป็นปริมาณเบสที่ใช้ในการไทเทรตกรดฟอร์มิก ส่วนจุดสมมูลที่สองเป็นของกรดเปอร์ฟอร์มิก ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตระหว่างจุดสมมูลแรกและจุดสมมูลที่สองคือปริมาณเบสที่ใช้ในการไทเทรตกรดเปอ์ฟอร์มิก และนำตัวอย่างมาไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพื่อหาปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ โดยผลการทดลองจะแสดงดัง ภาพที่ 4.13-4.21 และตารางที่ 4.13-4.21 (ข้อมูลดิบจากการไทเทรตจะแสดงไว้ในภาคผนวก ซ) โดยเรียงลำดับจากน้ำกลั่น สารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายกรดฟอสฟอริก สารละลายกรดไนตริก ที่ปริมาณ 0.1 และ 1 ml และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่ปริมาณ 0.1 และ 0.4 ml ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

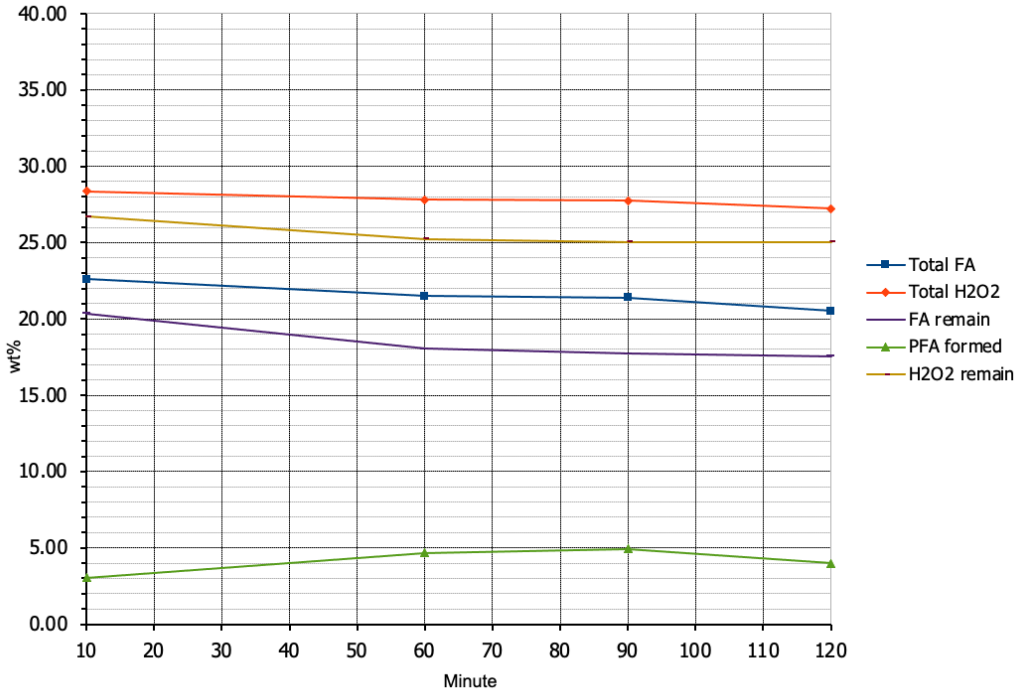
4.2.1 การผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกเมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

“ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml”

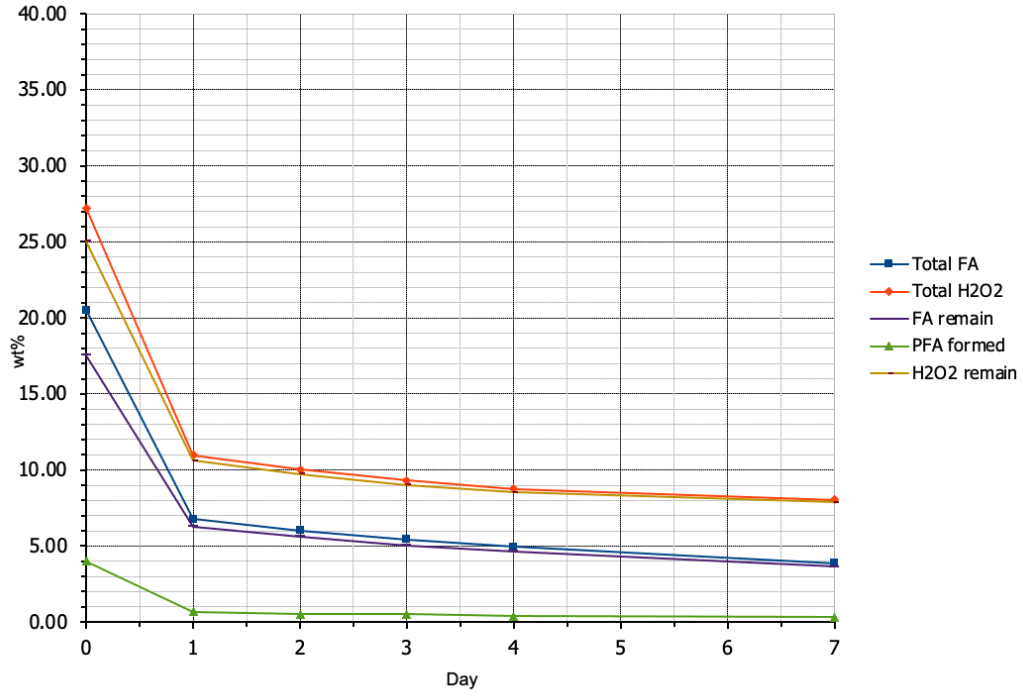
จากภาพที่ 4.13 และตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าเมื่อปฏิกิริยาเริ่มต้น ปริมาณของกรดฟอร์มิก เริ่มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการที่เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิก จะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากผสม และได้ค่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.94 %wt ในช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ๆ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงแรก และหลังจากนั้นจะค่อนข้างคงที่ตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 60 จนถึง 120 แม้ว่ากรณีนี้จะมีพฤติกรรมทำนองเดียวกับการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ในหัวข้อที่ 4.1.1 แต่สิ่งที่แตกต่างเพียงเล็กน้อยคืออัตราการลดลงของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1 วันหลังจากการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ

นอกจากนี้หลังจากการผสม 90 นาที จะเกิดความร้อนและมีไอน้ำเกาะบริเวณภายในของภาชนะ และหลังจากวันที่ 1 มีไอน้ำบริเวณภายในของภาชนะ โดยจะเกิดกับทุกตัวอย่างที่ทำการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เมื่อไม่มีการใช้สารละลายกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.13ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.13ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	22.616	28.368	20.359	3.041	26.700
60	21.501	27.806	18.033	4.673	25.243
90	21.383	27.748	17.720	4.936	25.041
120	20.514	27.229	17.545	4.000	25.036

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	20.514	27.229	17.545	4.000	25.036
1	6.775	10.977	6.280	0.667	10.611
2	6.017	10.015	5.630	0.521	9.729
3	5.429	9.310	5.052	0.508	9.032
4	4.957	8.754	4.660	0.400	8.534
5					
6					
7	3.858	8.049	3.632	0.304	7.883

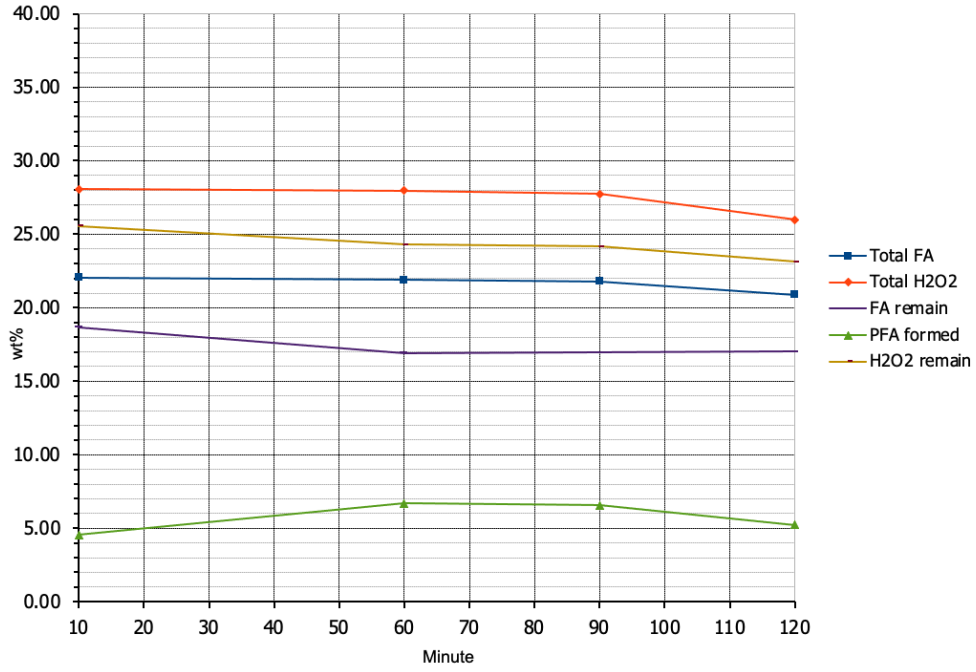
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1:4 ที่ปริมาณ 0.1 และ 0.4 ml ตามลำดับ

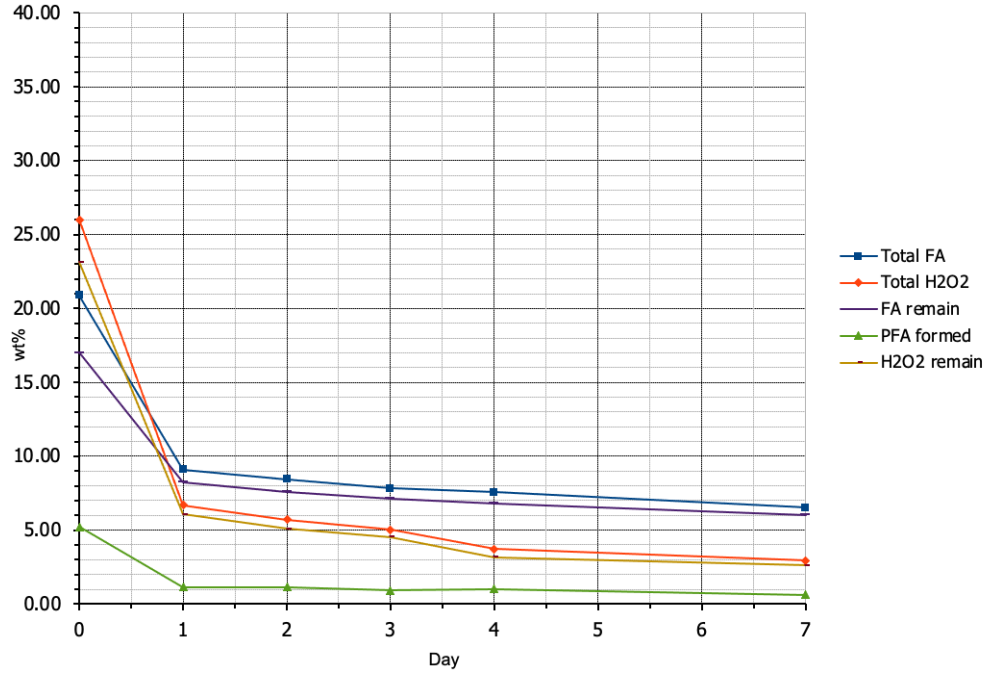
(ก) "ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml"

จากภาพที่ 4.14 และตารางที่ 4.14 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 0.1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่ามีพฤติกรรมทำนองเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 4.1.2 กล่าวคือการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวอย่างรวดเร็ว โดยจะเห็นว่าปริมาณรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัด และอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม โดยตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 6.69 %wt ในช่วง 60 นาที และมีแนวโน้มคงที่ต่อไปจนถึงช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1 วันหลังจากการผสม และจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 และจะค่อนข้างคงที่หลังนาที 60 เป็นต้นไป หลังจากนั้นจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม โดยเฉพาะปริมาณรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลมาจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกไปเร่งการสลายตัว จึงทำให้เหลือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะไปทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิกน้อยมาก จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิกน้อยกว่าอัตราการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml

(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.14ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.14ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	22.055	28.065	18.677	4.551	25.569
60	21.881	27.959	16.914	6.693	24.289
90	21.810	27.745	16.952	6.546	24.155
120	20.902	25.993	17.027	5.221	23.130

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	20.902	25.993	17.027	5.221	23.130
1	9.111	6.696	8.257	1.151	6.065
2	8.441	5.697	7.597	1.137	5.074
3	7.821	5.017	7.149	0.906	4.520
4	7.556	3.720	6.814	1.001	3.171
5					
6					
7	6.509	2.947	6.036	0.637	2.597

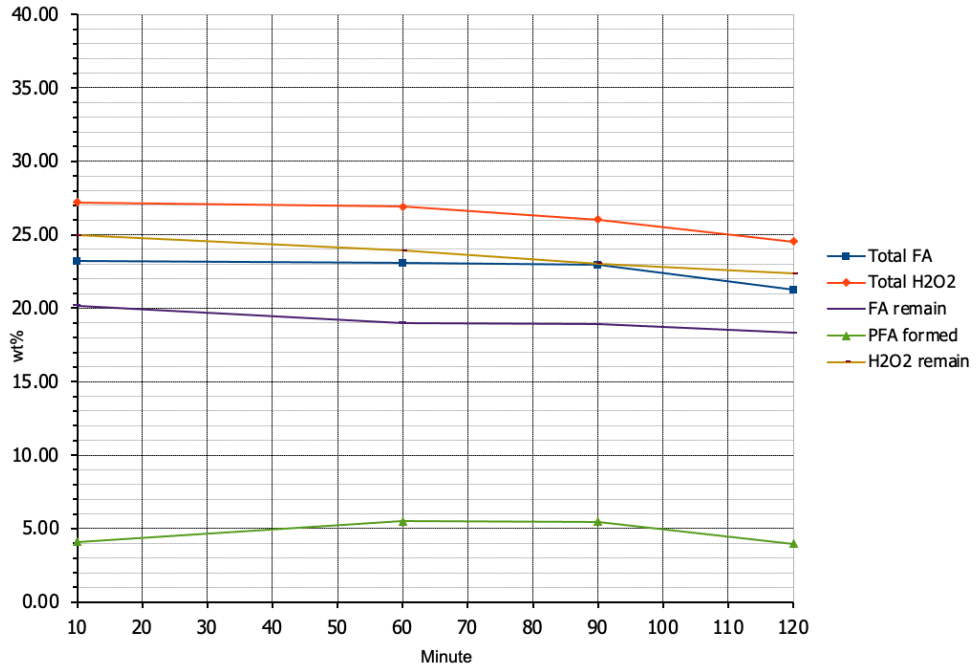
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml”

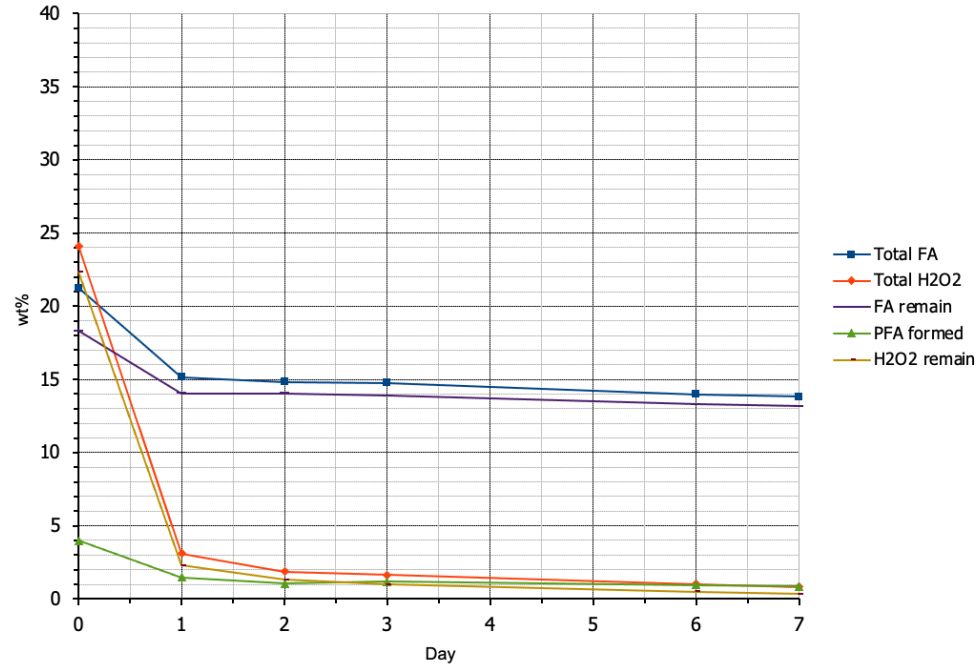
จากภาพที่ 4.15 และตารางที่ 4.15 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 0.4 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวอย่างรวดเร็ว โดยจะเห็นว่าปริมาณรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัด และอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม โดยตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.4 ml ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 5.49 %wt ในช่วง 60 นาที และจะค่อนข้างคงที่ต่อไปจนถึงนาทีที่ 90 หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1 วันหลังจากการผสม และจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 และหลังจากนั้นจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม โดยเฉพาะปริมาณรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลมาจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกไปเร่งการสลายตัว จึงทำให้เหลือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะไปทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิกน้อยมาก จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของกรดเปอร์ฟอร์มิกน้อยกว่าอัตราการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก

นอกจากนี้ในระยะการทดลองพบว่าการเติมสารละลายกรดไฮดดรคลอริกในความเข้มข้นที่มากจะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงมาก ซึ่งจะเกิดทั้งความร้อนและเกิดการเดือด ทำให้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณเพื่อทำการทดลองต่อไปได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดอันตราย จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ทำให้ทราบว่า สารละลายกรดไฮโดรคลอริกไม่เหมาะสำหรับการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก เนื่องจากการเกิดจะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงอย่างมาก ส่งผลทำให้เกิดอันตรายได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.15ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.15ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	23.216	27.191	20.180	4.092	24.947
60	23.073	26.917	19.001	5.486	23.909
90	22.955	26.049	18.899	5.465	23.052
120	21.261	24.534	18.308	3.979	22.351

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	21.261	24.097	18.308	3.979	22.351
1	15.151	3.095	14.059	1.472	2.288
2	14.816	1.863	14.045	1.039	1.294
3	14.758	1.629	13.885	1.176	0.984
4					
5					
6	13.990	1.006	13.284	0.951	0.484
7	13.810	0.812	13.167	0.865	0.337

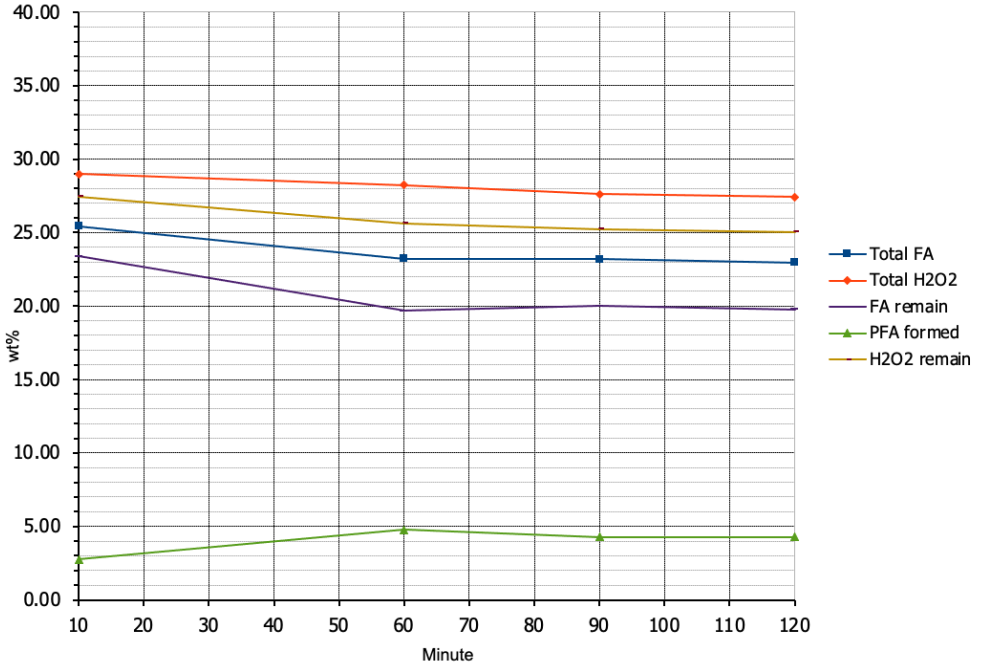
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 ที่ปริมาณ 0.1 และ 1 ml ตามลำดับ

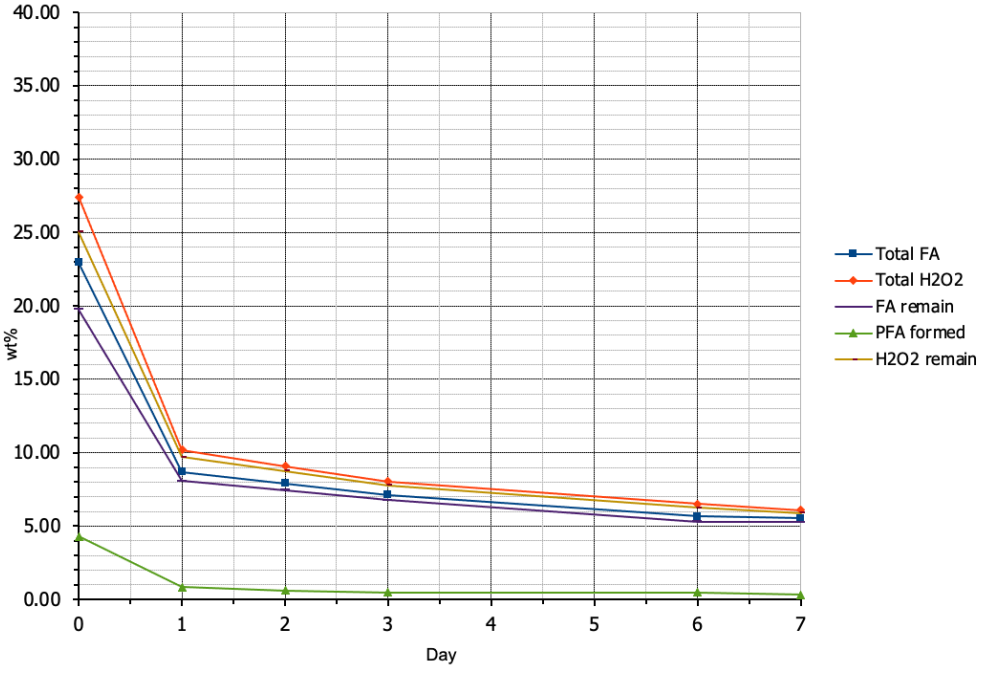
(ก) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml”

จากภาพที่ 4.16 และตารางที่ 4.16 จะเป็นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 0.1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาทีหลังการผสม สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 ml โดยมีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.78 %wt ในช่วง 60 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 และจะค่อนข้างคงที่หลังนาที 60 เป็นต้นไป หลังจากนั้นจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ โดยมีอัตราการลดลงใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.16ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.16ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	25.436	28.977	23.393	2.753	27.468
60	23.224	28.242	19.676	4.781	25.620
90	23.198	27.610	20.010	4.295	25.254
120	22.959	27.406	19.773	4.293	25.052

(ข)

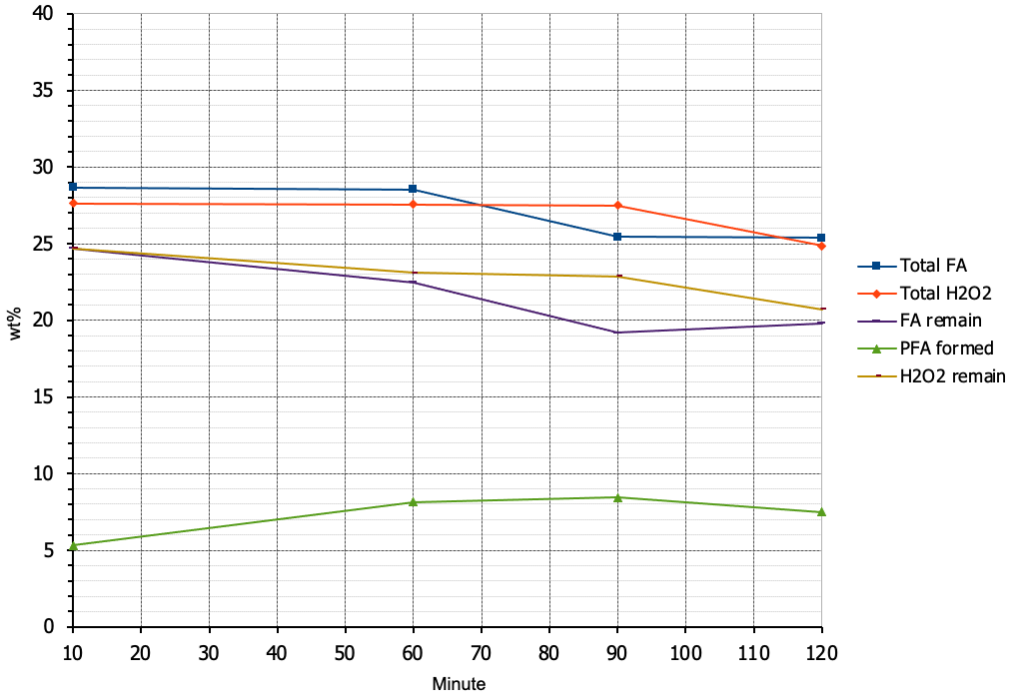
Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	22.959	27.406	19.773	4.293	25.052
1	8.692	10.177	8.061	0.850	9.711
2	7.898	9.085	7.447	0.608	8.752
3	7.119	8.025	6.773	0.467	7.769
4					
5					
6	5.668	6.524	5.310	0.483	6.259
7	5.515	6.083	5.274	0.324	5.905

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

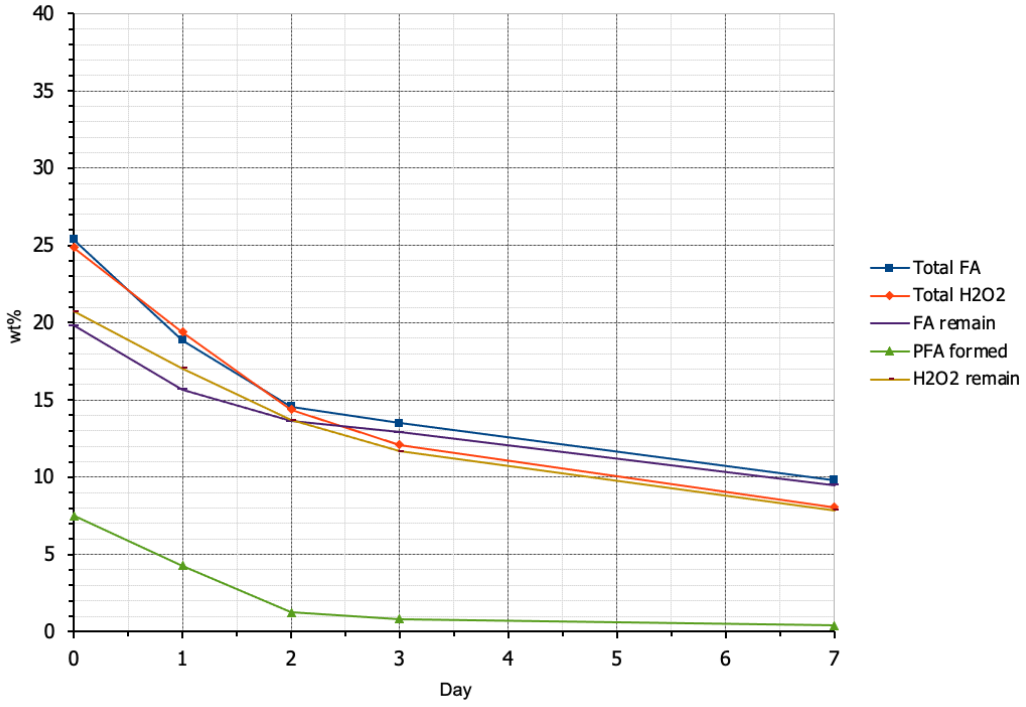
(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml”

จากภาพที่ 4.17 และตารางที่ 4.17 จะเป็นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา10 นาทีหลังการผสม โดยตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ส่งผลดีต่อการเกิดปฏิกิริยา อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมากขึ้น และได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 8.44 %wt ในช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 และจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดหลังนาที 60 โดยจะลดมากสุดที่ช่วง 90 นาที และจะค่อนข้างคงที่ หลังจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.17ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.17ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	28.658	27.613	24.705	5.326	24.692
60	28.539	27.555	22.491	8.149	23.086
90	25.447	27.504	19.183	8.440	22.875
120	25.389	24.849	19.822	7.503	20.734

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	25.389	24.849	19.822	7.503	20.734
1	18.863	19.389	15.685	4.282	17.040
2	14.563	14.371	13.629	1.258	13.681
3	13.509	12.104	12.898	0.823	11.653
4					
5					
6					
7	9.798	8.068	9.499	0.404	7.846

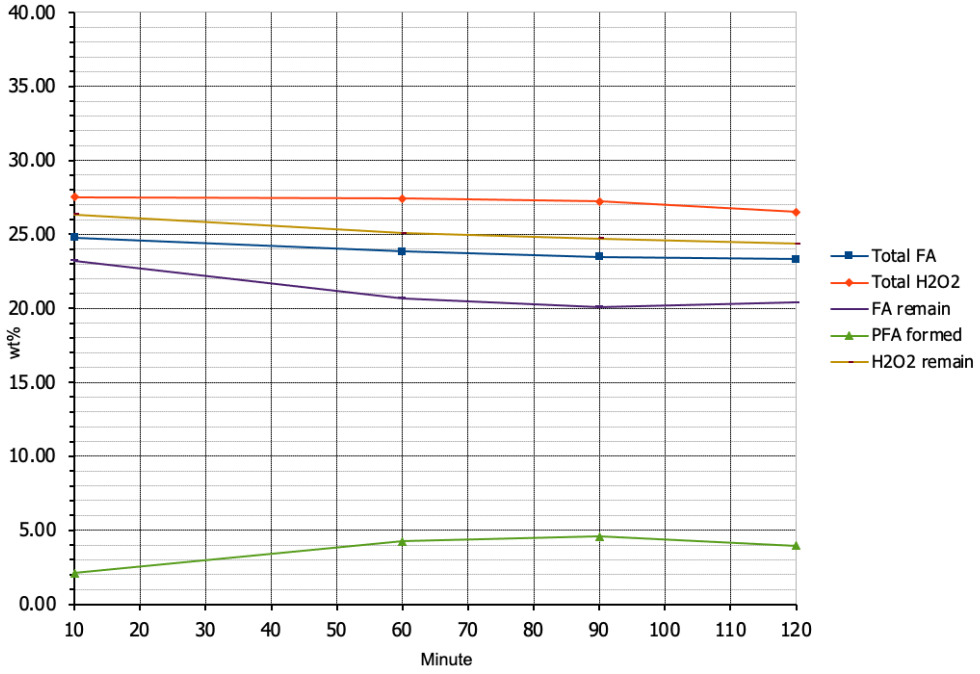
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.4 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 ที่ปริมาณ 0.1 และ 1 ml ตามลำดับ

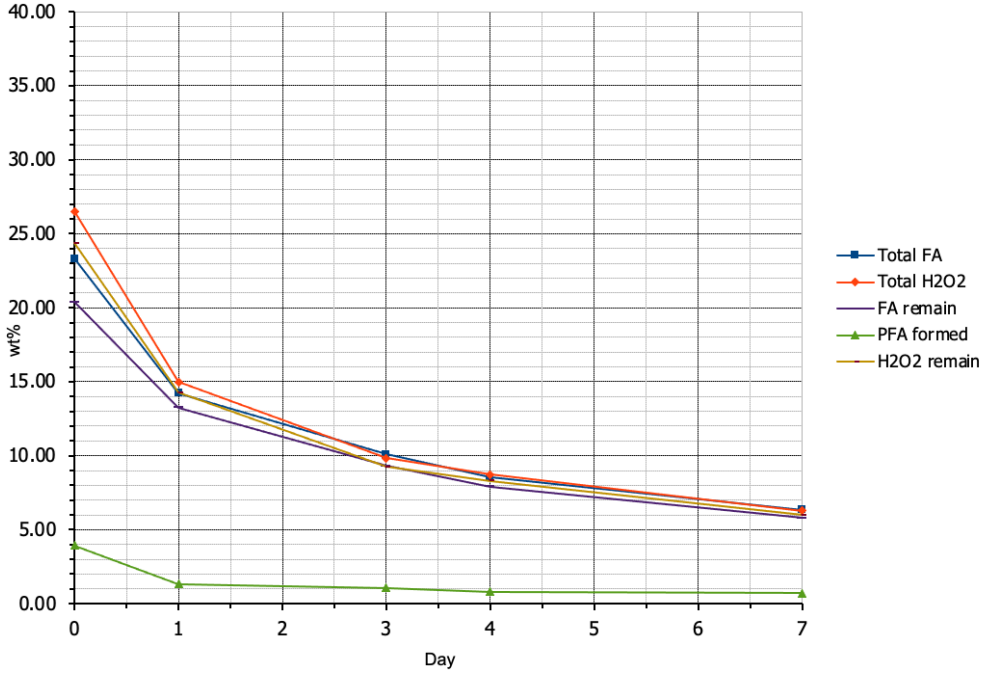
(ก) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml”

จากภาพที่ 4.18 และตารางที่ 4.18 จะเป็นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 0.1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่มีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาทีหลังการผสม จากผลพบว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.59 %wt ในช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 และจะค่อนข้างคงที่หลังจากนาทีที่ 60 หลังจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม และจะค่อยลดลงอย่างช้า ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.18ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.18ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	24.791	27.510	23.226	2.108	26.354
60	23.825	27.404	20.680	4.238	25.080
90	23.493	27.229	20.088	4.588	24.713
120	23.331	26.519	20.400	3.950	24.353

(ข)

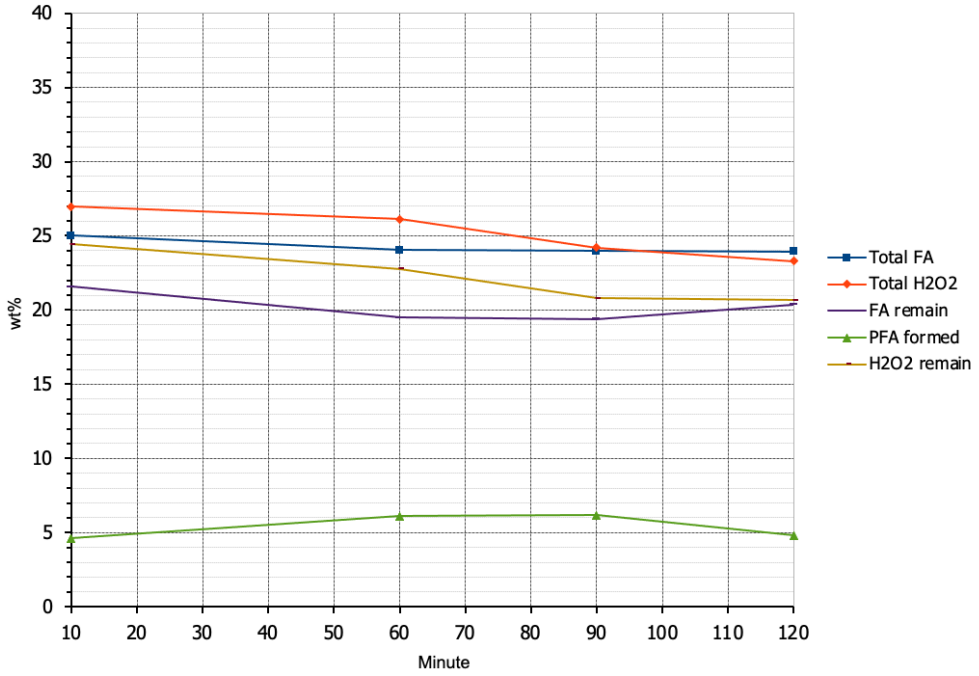
Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	23.331	26.519	20.400	3.950	24.353
1	14.241	14.989	13.249	1.335	14.257
2					
3	10.099	9.831	9.318	1.052	9.254
4	8.514	8.734	7.919	0.802	8.295
5					
6					
7	6.358	6.292	5.797	0.697	5.976

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

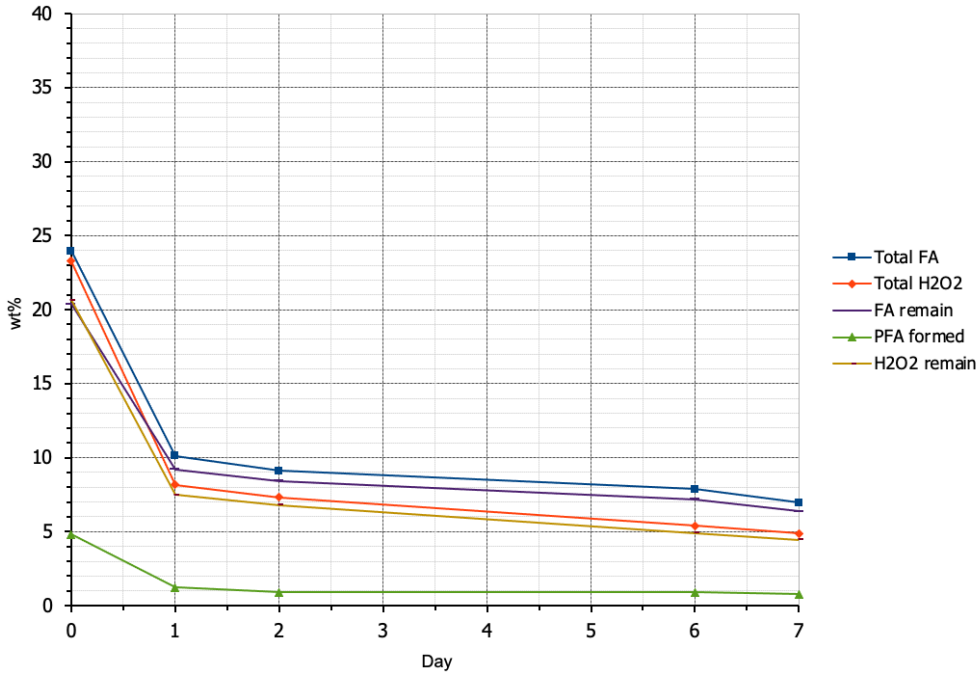
(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml”

จากภาพที่ 4.19 และตารางที่ 4.19 จะเป็นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่มีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการผสม จากผลตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ทำให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะเพิ่มขึ้น ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 6.17 %wt ในช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 หลังจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม และจะค่อยลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งจากการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก 1 ml มีผลทำให้เพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ และการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริกทั้ง 1 และ 2 ml จะมีผลทำให้การสลายตัวช้าลงได้ ซึ่งจะดูได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml

(ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml
(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.19ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.19ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	25.001	26.981	21.570	4.624	24.445
60	24.040	26.132	19.500	6.117	22.777
90	23.981	24.191	19.400	6.172	20.806
120	23.956	23.292	20.386	4.810	20.654

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	23.956	23.292	20.386	4.810	20.654
1	10.126	8.176	9.206	1.240	7.496
2	9.112	7.306	8.437	0.910	6.808
3					
4					
5					
6	7.875	5.394	7.205	0.902	4.899
7	6.947	4.872	6.385	0.756	4.457

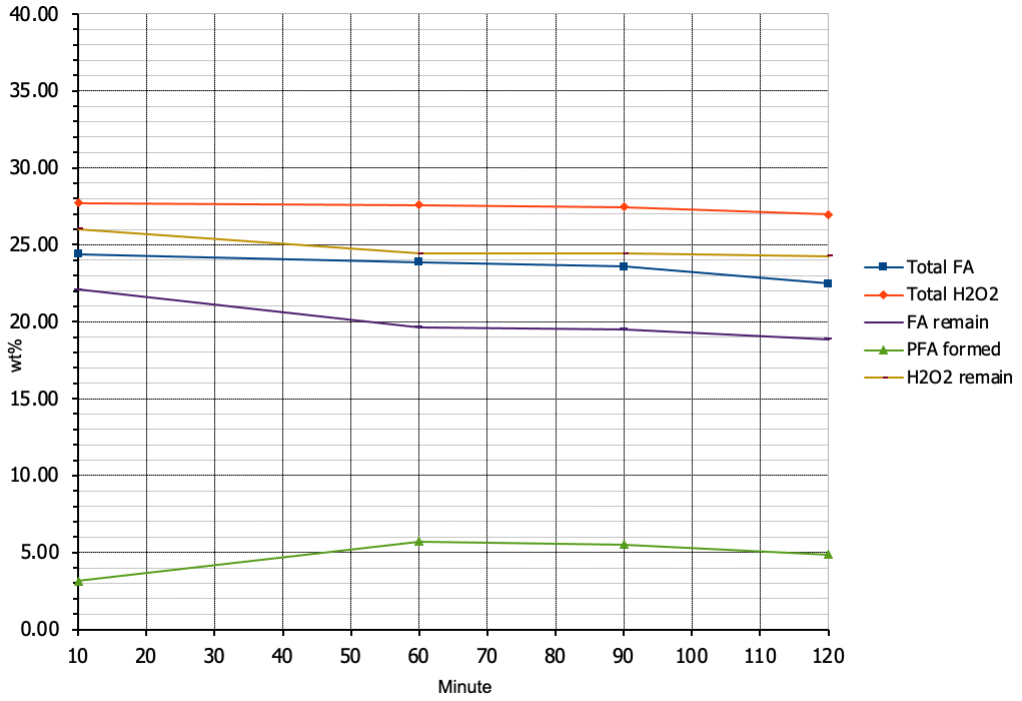
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.5 การเร่งปฏิกิริยาด้วยสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 ที่ปริมาณ 0.1 และ 1 ml ตามลำดับ

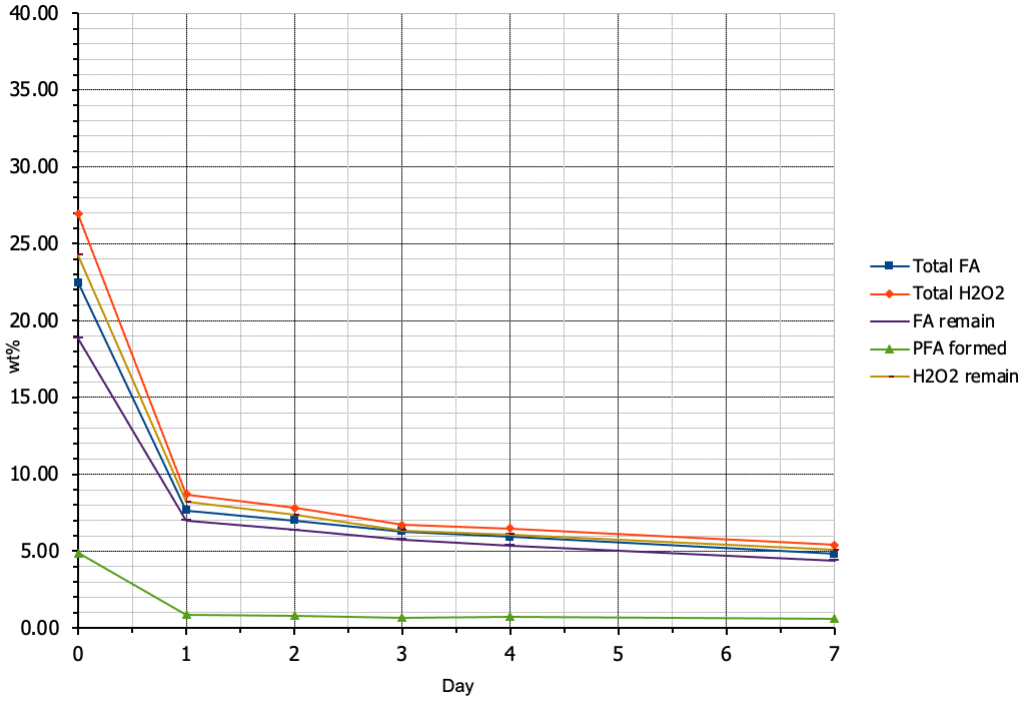
(ก) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml”

จากภาพที่ 4.20 และตารางที่ 4.20 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 0.1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่มีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาทีหลังการผสม จากผลพบว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 5.72 %wt ในช่วง 60 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 และมีแนวโน้มคงที่หลังจากนาทีที่ 60 หลังจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม และจะค่อยลดลงอย่างช้า ๆ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการเติมสารละลายกรดไนตริก 0.1 ml มีผลทำให้เพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ และมีผลทำให้การสลายตัวช้าลงได้ ซึ่งจะดูได้จากปริมาณของกรดเปอร์ฟอร์มิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml

(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.20ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.20ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	24.408	27.720	22.089	3.126	26.005
60	23.878	27.573	19.636	5.716	24.438
90	23.583	27.443	19.495	5.508	24.423
120	22.463	26.948	18.846	4.874	24.275

(ข)

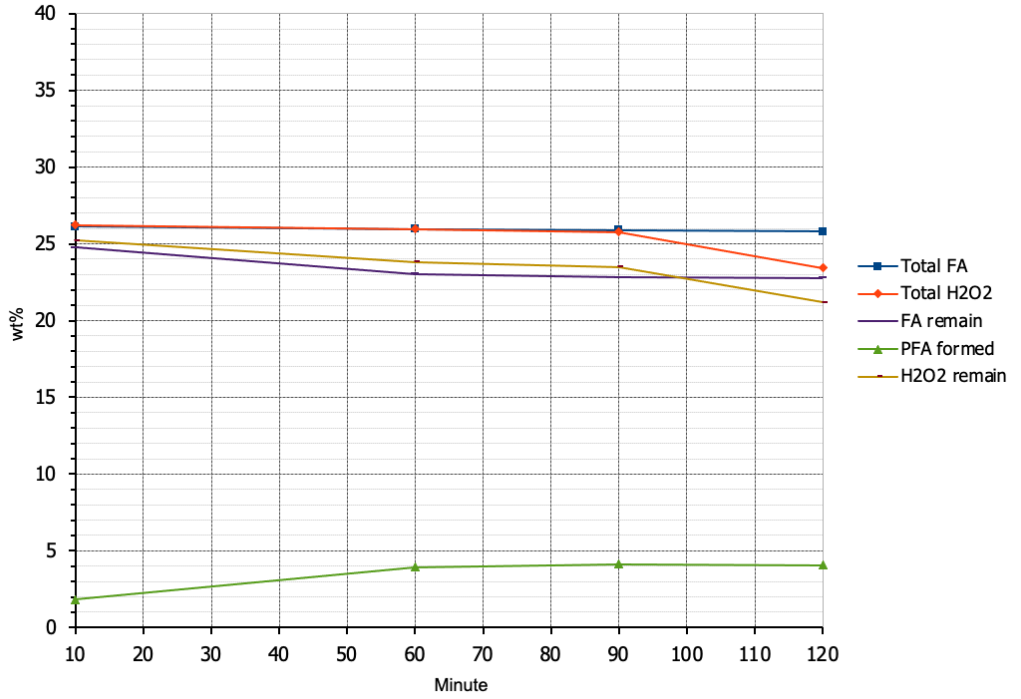
Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	22.463	26.948	18.846	4.874	24.275
1	7.635	8.684	6.999	0.857	8.213
2	7.002	7.798	6.392	0.823	7.346
3	6.276	6.718	5.767	0.685	6.342
4	5.915	6.472	5.371	0.734	6.070
5					
6					
7	4.826	5.395	4.376	0.607	5.063

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

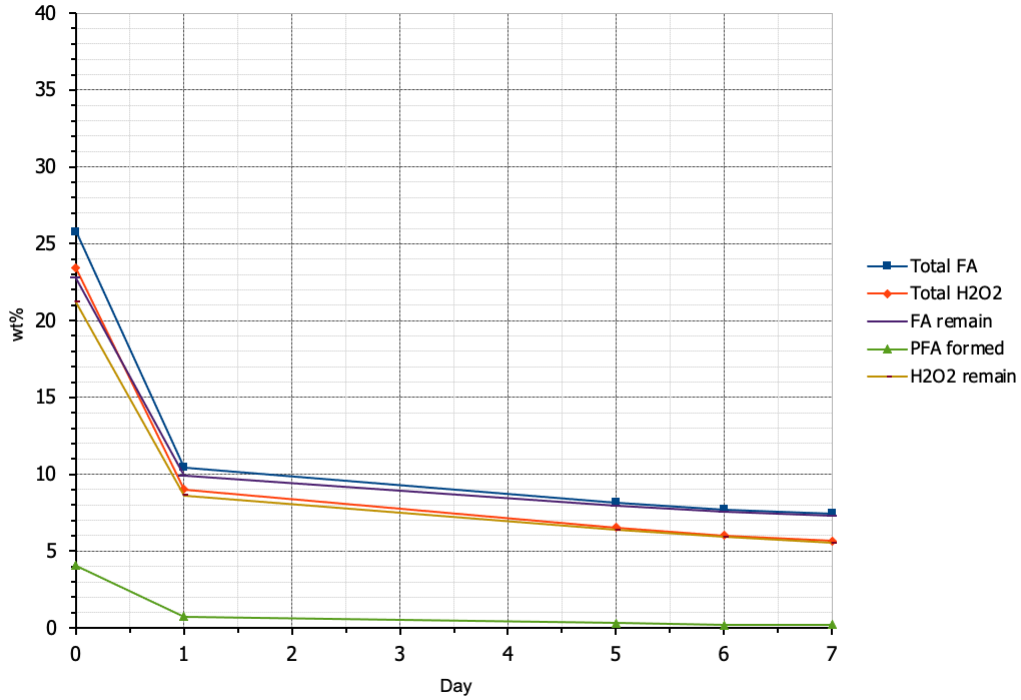
(ข) “ส่วนผสม: กรดฟอร์มิก 20 ml + H_2O_2 (50%w/w) 30 ml + น้ำกลั่น 30 ml +สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml”

จากภาพที่ 4.21 และตารางที่ 4.21 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 ปริมาณ 1 ml เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่มีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาทีหลังการผสม จากผลพบว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.13 %wt ในช่วง 90 นาทีหลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณของกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะลดลงตั้งแต่ช่วงนาทีที่ 10 และมีแนวโน้มคงที่หลังจากนาทีที่ 60 หลังจะลดลงอย่างเร็วรวดในเวลา 1 วันหลังจากผสม และจะค่อยลดลงอย่างช้า ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml (ก) วันที่ 0 (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยใช้สารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml

(ก) วันที่ 0 ในภาพที่ 4.21ก (ข) วันที่ 0 (120 นาที) - วันที่ 7 ในภาพที่ 4.21ข

(ก)

Minute	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
10	26.109	26.218	24.750	1.831	25.214
60	25.951	25.972	23.036	3.929	23.818
90	25.885	25.763	22.817	4.134	23.496
120	25.797	23.415	22.774	4.074	21.181

(ข)

Day	Total Formic (%wt)	Total H_2O_2 (%wt)	Formic remains (%wt)	PFA formed (%wt)	H_2O_2 remains (%wt)
0 (120 min)	25.797	23.415	22.774	4.074	21.181
1	10.451	9.023	9.896	0.747	8.613
2					
3					
4					
5	8.175	6.545	7.930	0.330	6.364
6	7.695	6.024	7.548	0.198	5.915
7	7.464	5.656	7.294	0.230	5.529

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

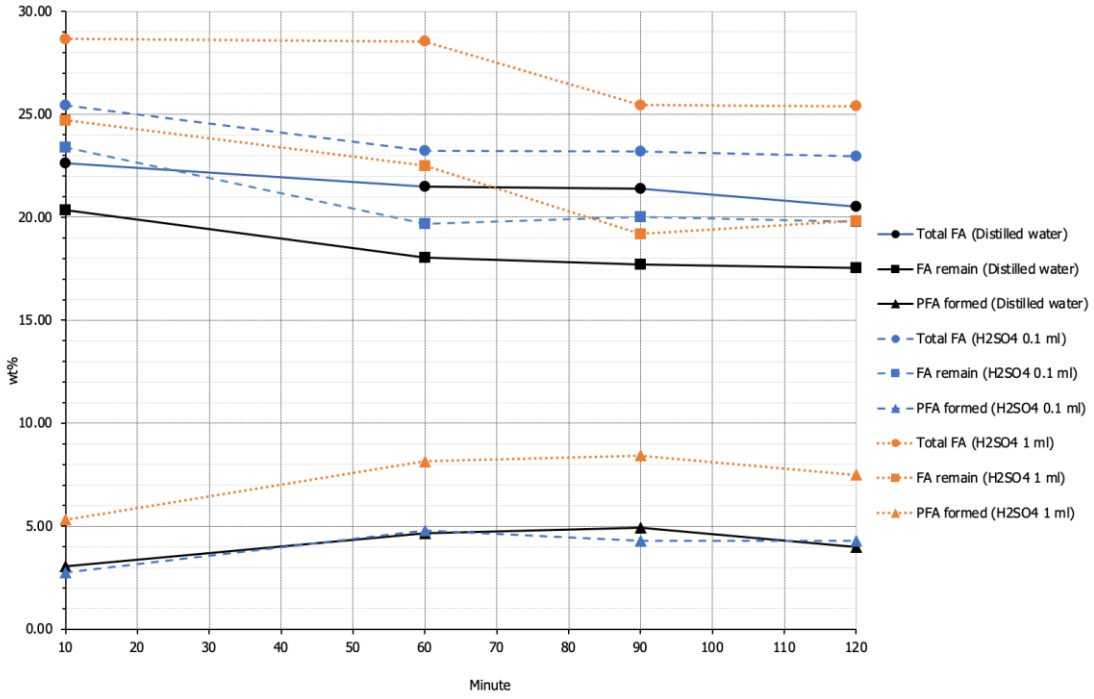
การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก

จากภาพที่ 4.22 และตารางที่ 4.22 จะเป็นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1:4 เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาที หลังการผสม สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 ml ความเข้มข้นมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.78 %wt ในช่วง 60 นาที และตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml จะได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 8.44 %wt ที่ช่วง 90 นาที ซึ่งมีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกเพิ่มขึ้นกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์ มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ

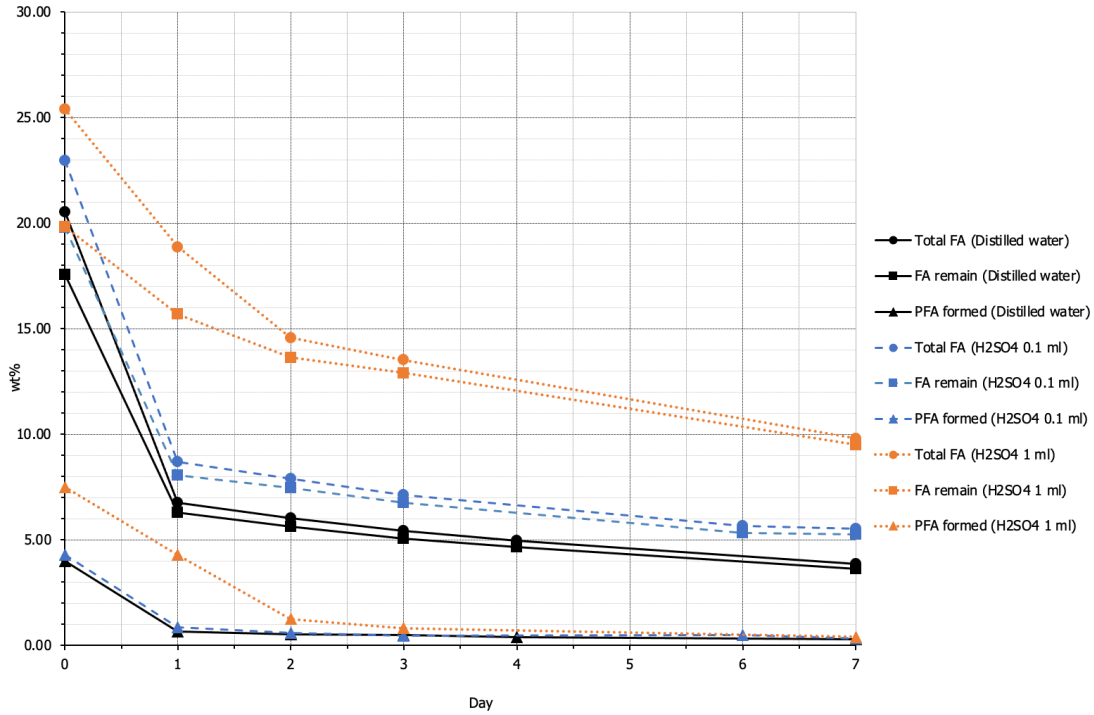
สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml มีความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา กล่าวคือการเติมสารละลายกรด 1 ml ไม่สามารถชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกได้และมีอัตราการสลายตัวที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดนั้นมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml กล่าวคือตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ช่วยชะลอการสูญเสียออกซิเจนอะตอมจากกรดเปอร์ฟอร์มิกและลดการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกไปเป็นน้ำกับคาร์บอนไดออกไซด์

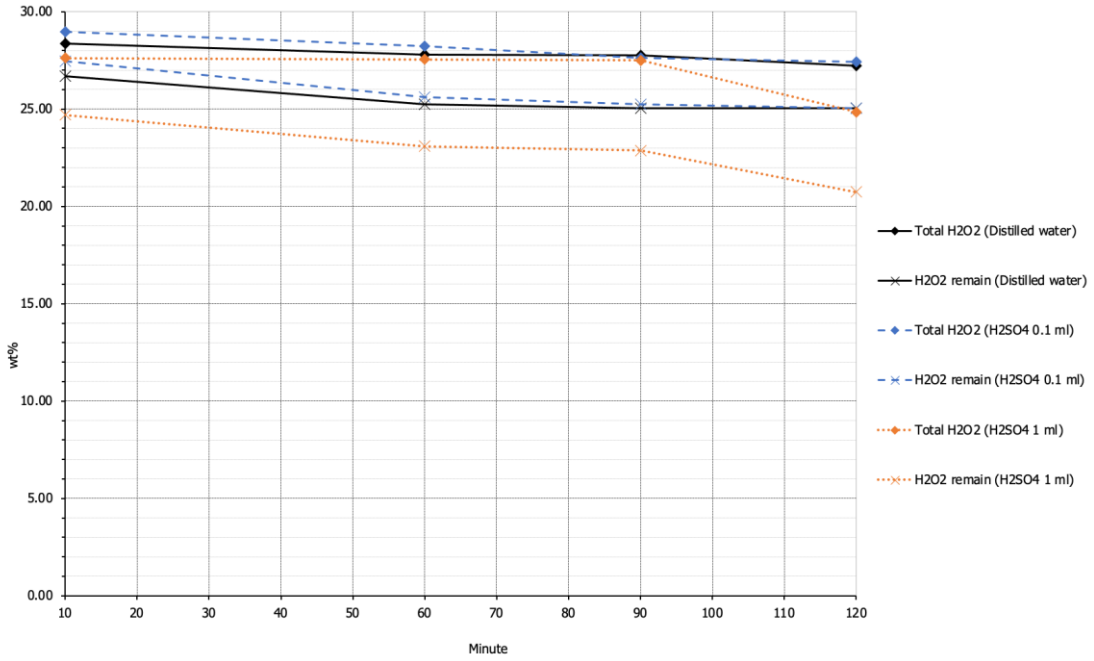
ดังนั้นการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกมีผลในการช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยามากกว่าการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อมีการเติมสารละลายกรด 1 ml นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการสูญเสียออกซิเจนอะตอมจากกรดเปอร์ฟอร์มิก และลดการสลายตัวไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ และสำหรับการเติมสารละลายกรด 0.1 ml กรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงกับการไม่เติมสารละลายกรด นอกจากนี้เมื่อมีการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มากจะทำให้เกิดการสลายตัวมากเช่นเดียวกัน


30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Minute
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H2SO4 0.1 ml)
FA remain (H2SO4 0.1 ml)
PFA formed (H2SO4 0.1 ml)
Total FA (H2SO4 1 ml)
FA remain (H2SO4 1 ml)
PFA formed (H2SO4 1 ml)

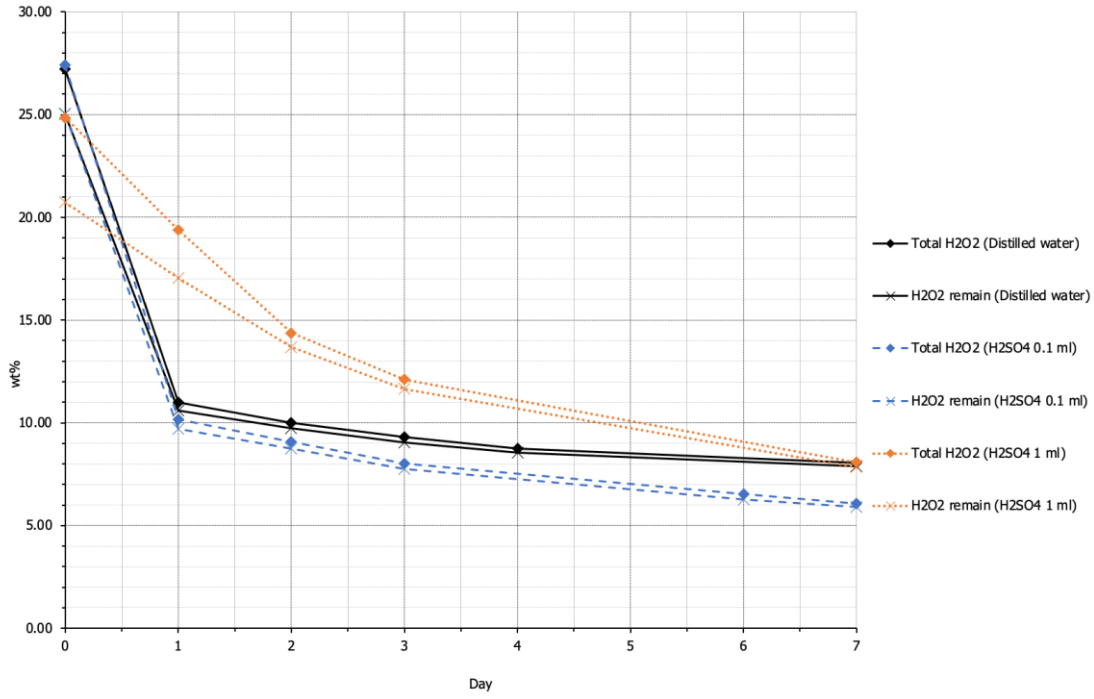
(ก)


30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
0
1
2
3
4
5
6
7
Day
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H2SO4 0.1 ml)
FA remain (H2SO4 0.1 ml)
PFA formed (H2SO4 0.1 ml)
Total FA (H2SO4 1 ml)
FA remain (H2SO4 1 ml)
PFA formed (H2SO4 1 ml)

(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก

(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 0-7 ในภาพที่ 4.22ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			H_2SO_4 0.1 ml			H_2SO_4 1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	22.616	20.359	3.041	25.436	23.393	2.753	28.658	24.705	5.326
60	21.501	18.033	4.673	23.224	19.676	4.781	28.539	22.491	8.149
90	21.383	17.720	4.936	23.198	20.010	4.295	25.447	19.183	8.440
120	20.514	17.545	4.000	22.959	19.773	4.293	25.389	19.822	7.503

(ข)

Day	Distilled water			H_2SO_4 0.1 ml			H_2SO_4 1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	20.514	17.545	4.000	22.959	19.773	4.293	25.389	19.822	7.503
1	6.775	6.280	0.667	8.692	8.061	0.850	18.863	15.685	4.282
2	6.017	5.630	0.521	7.898	7.447	0.608	14.563	13.629	1.258
3	5.429	5.052	0.508	7.119	6.773	0.467	13.509	12.898	0.823
4	4.957	4.660	0.400						
5									
6				5.668	5.310	0.483			
7	3.858	3.632	0.304	5.515	5.274	0.324	9.798	9.499	0.404

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		H_2SO_4 0.1 ml		H_2SO_4 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	28.368	26.700	28.977	27.468	27.613	24.692
60	27.806	25.243	28.242	25.620	27.555	23.086
90	27.748	25.041	27.610	25.254	27.504	22.875
120	27.229	25.036	27.406	25.052	24.849	20.734

(ง)

Day	Distilled water		H_2SO_4 0.1 ml		H_2SO_4 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	27.229	25.036	27.406	25.052	24.849	20.734
1	10.977	10.611	10.177	9.711	19.389	17.040
2	10.015	9.729	9.085	8.752	14.371	13.681
3	9.310	9.032	8.025	7.769	12.104	11.653
4	8.754	8.534				
5						
6			6.524	6.259		
7	8.049	7.883	6.083	5.905	8.068	7.846

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก

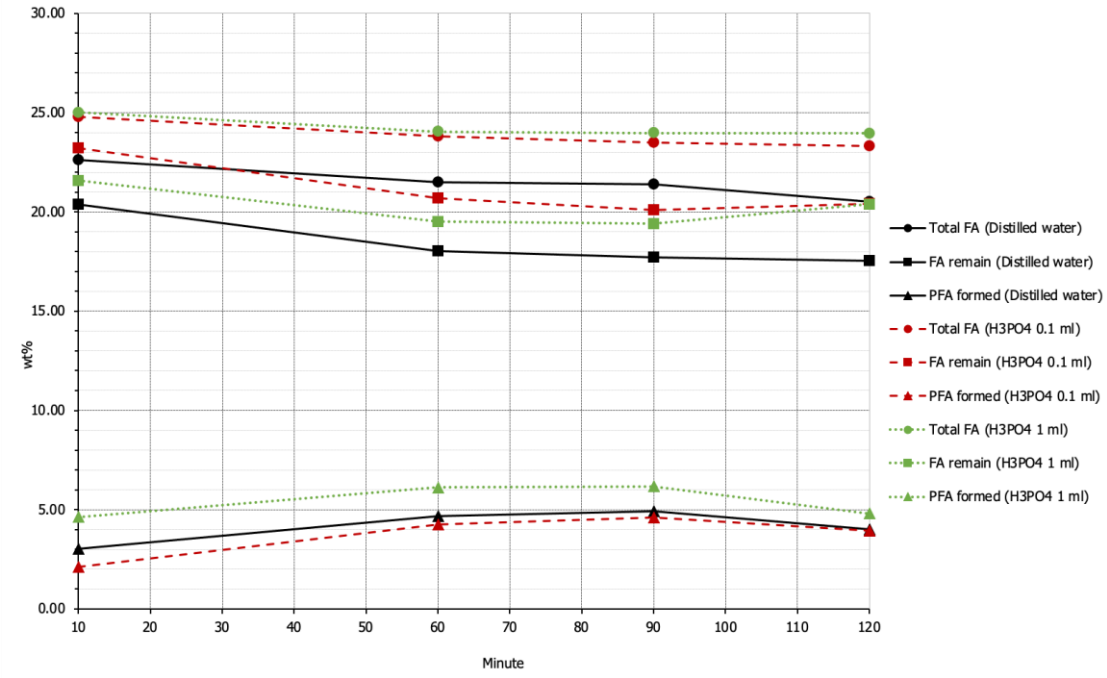
จากภาพที่ 4.23 และตารางที่ 4.23 จะเป็นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 1:4 เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่มีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาที หลังการผสม จากผลพบว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml มีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงกับการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.59 %wt ในช่วง 90 นาที และตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ทำให้อัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่ามากกว่าตัวอย่างไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 6.17 %wt ในช่วง 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ

สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml และมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดนั้นมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา กล่าวคือการเติมสารละลายกรด 0.1 ml ช่วยชะลอการสูญเสียออกซิเจนอะตอมจากกรดเปอร์ฟอร์มิกและลดการสลายตัวไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ

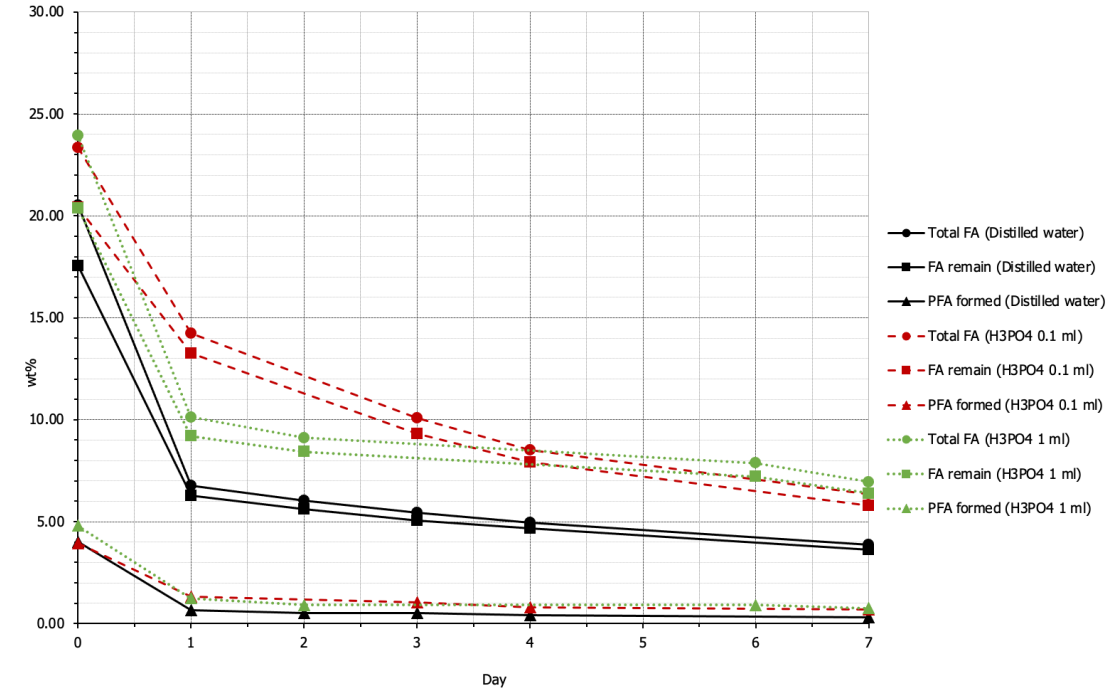
ตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงทั้งกับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml และมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml กล่าวคือการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริก 1 ml อาจไม่ช่วยชะลอการสลายตัวในวิถีทางต่าง ๆ แต่ทำให้กรดเปอร์ฟอร์มิกสลายตัวช้ากว่าการไม่เติมกรด ซึ่งดูได้จากการลดลงของความเข้มข้นกรดเปอร์ฟอร์มิก

ดังนั้นการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริกมีผลในการช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยามากกว่าการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อมีการเติมสารละลายกรด 1 ml และสำหรับการเติมสารละลายกรด 0.1 ml กรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับการไม่เติมสารละลายกรด ในด้านการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้น เมื่อเติมสารละลายกรดฟอสฟอริกจะช่วยชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้ช้าลงได้เมื่อเทียบกับการไม่เติมสารละลายกรด นอกจากนี้การเติมสารละลายกรด 0.1 ml ยังช่วยชะลอการสูญเสียออกซิเจนอะตอมจากกรดเปอร์ฟอร์มิกและลดการสลายตัวไปเป็นน้ำกับคาร์บอนไดออกไซด์

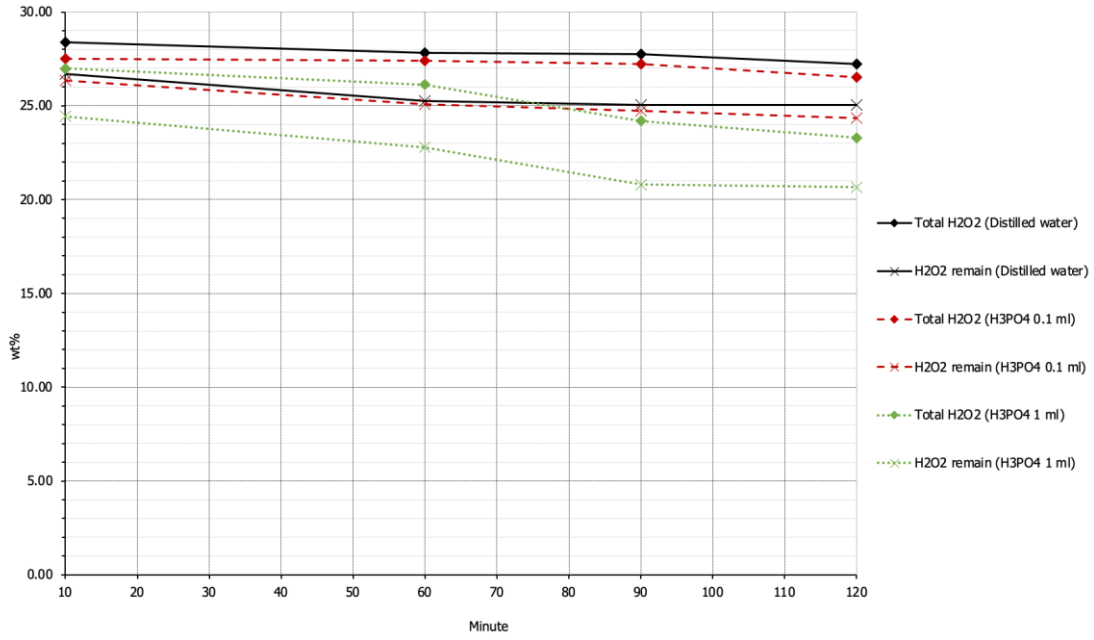
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Minute
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H3PO4 0.1 ml)
FA remain (H3PO4 0.1 ml)
PFA formed (H3PO4 0.1 ml)
Total FA (H3PO4 1 ml)
FA remain (H3PO4 1 ml)
PFA formed (H3PO4 1 ml)

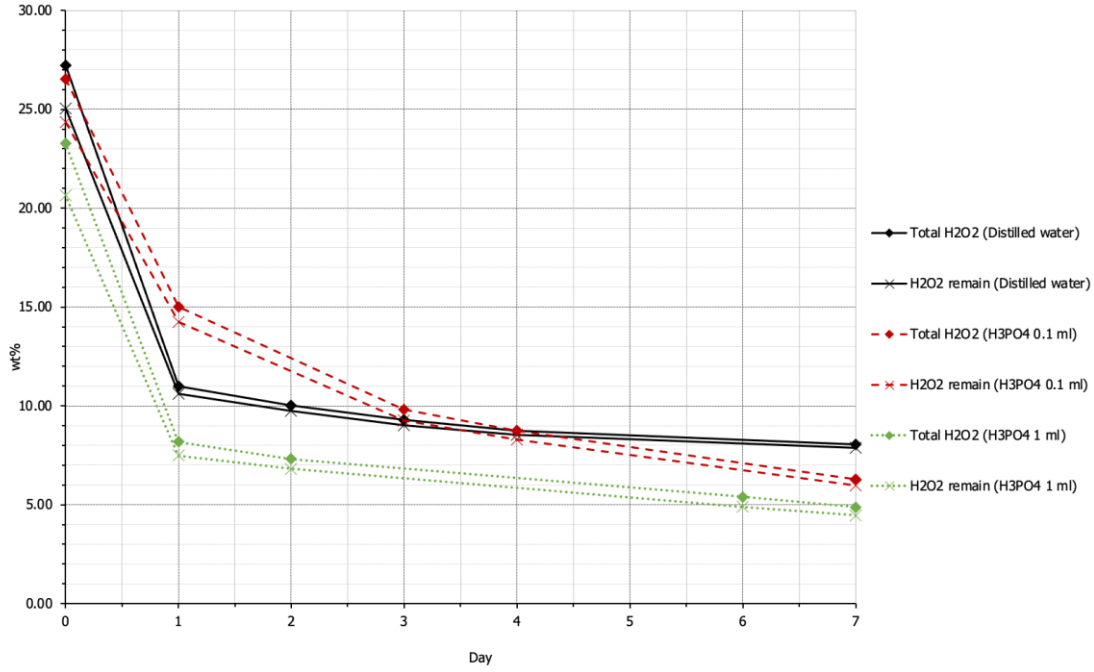
(ก)


30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
0
1
2
3
4
5
6
7
Day
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (H3PO4 0.1 ml)
FA remain (H3PO4 0.1 ml)
PFA formed (H3PO4 0.1 ml)
Total FA (H3PO4 1 ml)
FA remain (H3PO4 1 ml)
PFA formed (H3PO4 1 ml)

(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก

(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดฟอสฟอริก
(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.23ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.23ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.23ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.23ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			H_3PO_4 0.1 ml			H_3PO_4 1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	22.616	20.359	3.041	24.791	23.226	2.108	25.001	21.570	4.624
60	21.501	18.033	4.673	23.825	20.680	4.238	24.040	19.500	6.117
90	21.383	17.720	4.936	23.493	20.088	4.588	23.981	19.400	6.172
120	20.514	17.545	4.000	23.331	20.400	3.950	23.956	20.386	4.810

(ข)

Day	Distilled water			H_3PO_4 0.1 ml			H_3PO_4 1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	20.514	17.545	4.000	20.514	17.545	4.000	23.331	20.400	3.950
1	6.775	6.280	0.667	6.775	6.280	0.667	14.241	13.249	1.335
2	6.017	5.630	0.521	6.017	5.630	0.521			
3	5.429	5.052	0.508	5.429	5.052	0.508	10.099	9.318	1.052
4	4.957	4.660	0.400	4.957	4.660	0.400	8.514	7.919	0.802
5									
6									
7	3.858	3.632	0.304	3.858	3.632	0.304	6.358	5.797	0.697

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		H_3PO_4 0.1 ml		H_3PO_4 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	28.368	26.700	27.510	26.354	26.981	24.445
60	27.806	25.243	27.404	25.080	26.132	22.777
90	27.748	25.041	27.229	24.713	24.191	20.806
120	27.229	25.036	26.519	24.353	23.292	20.654

(ง)

Day	Distilled water		H_3PO_4 0.1 ml		H_3PO_4 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	27.229	25.036	26.519	24.353	23.292	20.654
1	10.977	10.611	14.989	14.257	8.176	7.496
2	10.015	9.729			7.306	6.808
3	9.310	9.032	9.831	9.254		
4	8.754	8.534	8.734	8.295		
5						
6					5.394	4.899
7	8.049	7.883	6.292	5.976	4.872	4.457

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

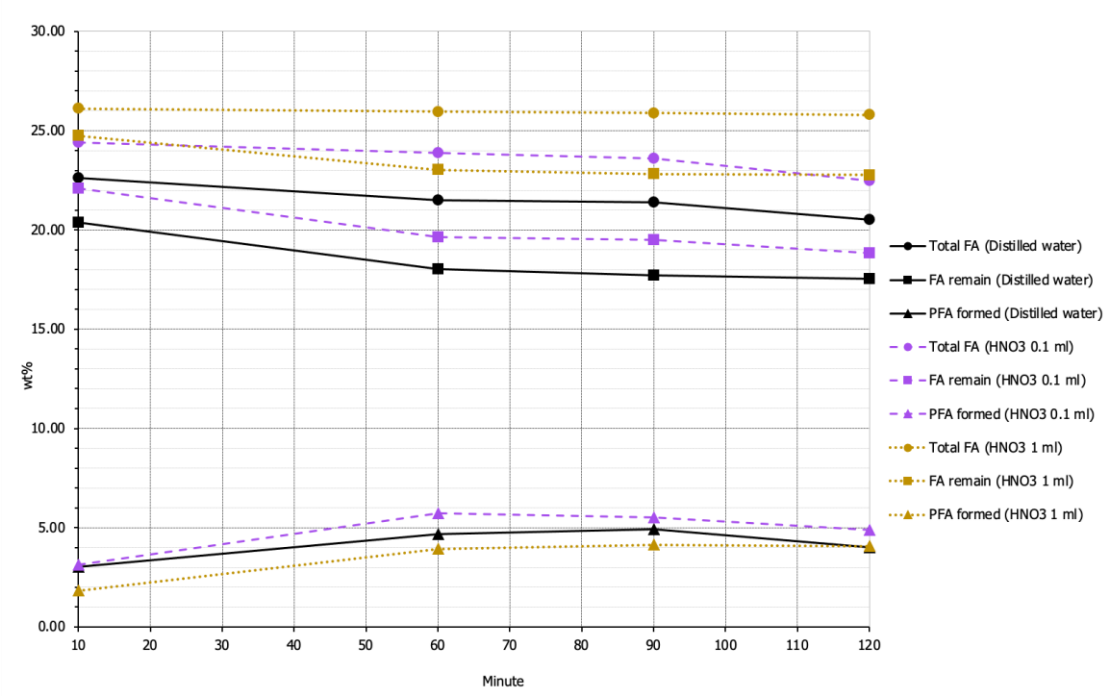
การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก

จากภาพที่ 4.24 และตารางที่ 4.24 จะเป็นการเติมสารละลายกรดไนตริก ความเข้มข้น 1:4 เข้าไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่มีอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกจะรวดเร็วมากในเวลา 10 นาทีหลังการผสม จากผลพบว่าตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 ml มีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมากกว่าการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 5.72 %wt ที่ 60 นาที และตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 1 ml มีความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกใกล้เคียงกับการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงสุด 4.13 %wt ที่ 90 นาที หลังจากนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกจะลดลงอย่างช้า ๆ ในส่วนของความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดและความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 1 วันหลังการผสม หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ

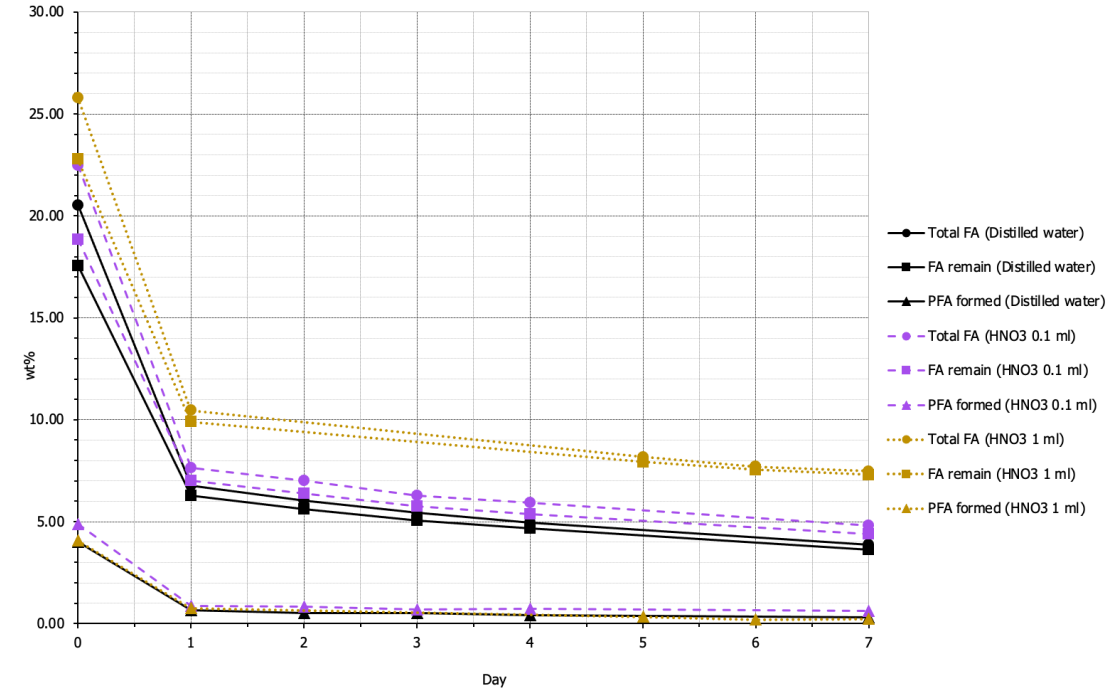
สำหรับตัวอย่างที่มีสารละลายกรด 0.1 และ 1 ml ความเข้มข้นรวมของกรดทั้งหมดมีมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับความเข้มข้นรวมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดนั้นมีค่าใกล้เคียงกันและน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา กล่าวคือการเติมสารละลายกรด 0.1 และ 1 ml อาจไม่ช่วยชะลอการสลายตัวในวิถีทางต่าง ๆ แต่สำหรับการเติมสารละลายกรด 0.1 ทำให้การสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกช้ากว่าการไม่เติมกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ดังนั้นการเติมสารละลายกรดไนตริกมีผลในการช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยามากกว่าการไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อมีการเติมสารละลายกรด 0.1 ml และสำหรับการเติมสารละลายกรด 1 ml กรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับการไม่เติมสารละลายกรด ส่วนในด้านการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้น เมื่อเติมสารละลายกรดไนตริก 0.1 ml จะช่วยชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้ช้าลงได้เมื่อเทียบกับการไม่เติมสารละลายกรด

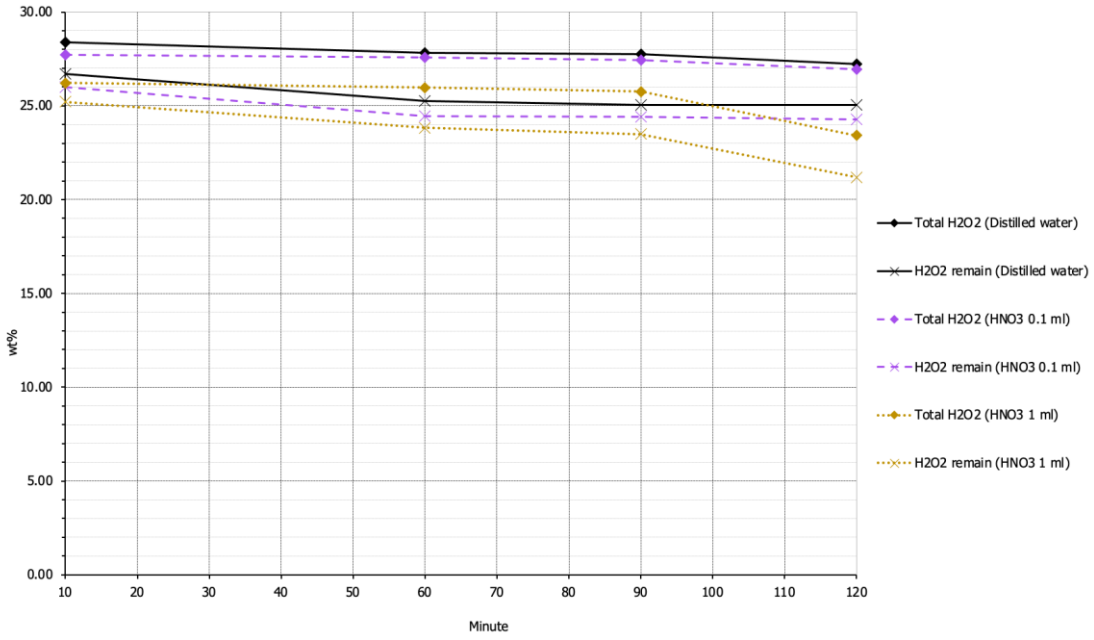
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Minute
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (HNO3 0.1 ml)
FA remain (HNO3 0.1 ml)
PFA formed (HNO3 0.1 ml)
Total FA (HNO3 1 ml)
FA remain (HNO3 1 ml)
PFA formed (HNO3 1 ml)

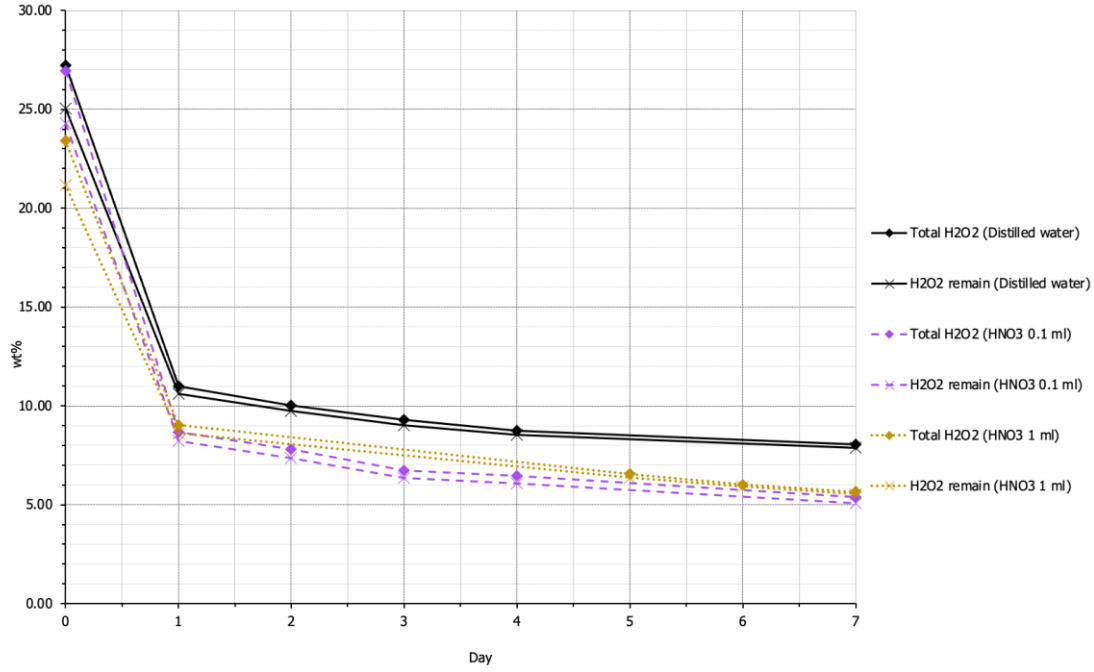
(ก)


30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
wt%
0
1
2
3
4
5
6
7
Day
Total FA (Distilled water)
FA remain (Distilled water)
PFA formed (Distilled water)
Total FA (HNO3 0.1 ml)
FA remain (HNO3 0.1 ml)
PFA formed (HNO3 0.1 ml)
Total FA (HNO3 1 ml)
FA remain (HNO3 1 ml)
PFA formed (HNO3 1 ml)

(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก (ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7

ตารางที่ 4.24 ข้อมูลตัวเลขการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ โดยที่ไม่ใช้และใช้สารละลายกรดไนตริก
(ก) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0 ในภาพที่ 4.24ก (ข) ความเข้มข้นกรด วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.24ข (ค) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0 ในภาพที่ 4.24ค (ง) ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ วันที่ 0-7 ในภาพที่ 4.24ง (%wt)

(ก)

Min.	Distilled water			HNO_3 0.1 ml			HNO_3 1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
10	22.616	20.359	3.041	24.408	22.089	3.126	26.109	24.750	1.831
60	21.501	18.033	4.673	23.878	19.636	5.716	25.951	23.036	3.929
90	21.383	17.720	4.936	23.583	19.495	5.508	25.885	22.817	4.134
120	20.514	17.545	4.000	22.463	18.846	4.874	25.797	22.774	4.074

(ข)

Day	Distilled water			HNO_3 0.1 ml			HNO_3 1 ml		
	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed	Total FA	FA remain	PFA formed
0	20.514	17.545	4.000	22.463	18.846	4.874	25.797	22.774	4.074
1	6.775	6.280	0.667	7.635	6.999	0.857	10.451	9.896	0.747
2	6.017	5.630	0.521	7.002	6.392	0.823			
3	5.429	5.052	0.508	6.276	5.767	0.685			
4	4.957	4.660	0.400	5.915	5.371	0.734			
5							8.175	7.930	0.330
6							7.695	7.548	0.198
7	3.858	3.632	0.304	4.826	4.376	0.607	7.464	7.294	0.230

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค)

Minute	Distilled water		HNO_3 0.1 ml		HNO_3 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	28.368	26.700	27.720	26.005	26.218	25.214
60	27.806	25.243	27.573	24.438	25.972	23.818
90	27.748	25.041	27.443	24.423	25.763	23.496
120	27.229	25.036	26.948	24.275	23.415	21.181

(ง)

Day	Distilled water		HNO_3 0.1 ml		HNO_3 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	27.229	25.036	26.948	24.275	23.415	21.181
1	10.977	10.611	8.684	8.213	9.023	8.613
2	10.015	9.729	7.798	7.346		
3	9.310	9.032	6.718	6.342		
4	8.754	8.534	6.472	6.070		
5					6.545	6.364
6					6.024	5.915
7	8.049	7.883	5.395	5.063	5.656	5.529

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ผลจากการศึกษาการใช้กรดชนิดต่าง ๆ ในการผลิตและการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกสามารถเพิ่มอัตราการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกได้ เนื่องจากมีกรดซัลฟิวริกเป็นกรดแก่ที่มีการแตกตัวของโปรตอน 2 ตัว ซึ่งจะมีความเข้มข้นของกรดที่สูง และสำหรับการใช้สารละลายกรดฟอสฟอริกและสารละลายกรดไนตริกส่งผลต่ออัตราการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกเพียงเล็กน้อย เนื่องจากกรดทั้ง 2 ชนิด มีการแตกตัวของโปรตอน 1 ตัวเช่นเดียวกัน และมีความเข้มข้นของกรดที่ใกล้เคียงกัน แม้ว่ากรดฟอสฟอริกจะมีโปรตอน 3 ตัว แต่มีเพียงการแตกตัวของโปรตอนตัวที่ 1 ที่เด่นชัด ในขณะที่โปรตอนอีก 2 ตัวที่เหลือมีความเป็นกรดที่อ่อนกว่ามาก แม้ว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะสามารถเพิ่มอัตราการก่อตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกได้ เนื่องจากมีการแตกตัวของโปรตอน 1 ตัว เช่นเดียวกับกรดฟอสฟอริกและกรดไนตริก แต่กรดไฮโดรคลอริกจะไปเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเกิดจากไอออนในสภาวะที่เป็นกรดจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกิดเป็นแก๊สออกซิเจน, โปรตอนและคลอไรด์ไอออน ทำให้ในปฏิกิริยามีคลอไรด์ไอออนอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดการสลายตัวตลอดเวลา ดังนั้นแม้ว่าการกรดไฮโดรคลอริกจะเป็นกรดแก่เช่นเดียวกับกรดอีก 3 ชนิด จากที่กล่าวมาจึงไม่ควรพิจารณาแค่ความแรงของกรด แต่ควรจะพิจารณาผลกระทบของไอออนลบซึ่งเกิดจากการแตกตัวของกรดตัวนั้นด้วย

ในส่วนการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกนั้น การใช้สารละลายกรดทั้ง 4 ชนิด จะช่วยชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้ช้าลงหรือมีการสลายตัวที่ใกล้เคียงกับการไม่เติมสารละลายกรด เนื่องจากความเป็นกรดจะไปทำให้โมเลกุลน้ำส่วนหนึ่งย้ายมาล้อมรอบไฮโดรเนียมไอออน ปฏิกิริยาการสลายตัวย้อนกลับของกรดเปอร์ฟอร์มิกที่ต้องมีโมเลกุลน้ำเข้าร่วมจึงเกิดได้ช้าลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

บทนี้จะเป็นการสรุปและอภิปรายผลการทดลองจากการศึกษาผลของชนิดกรดที่มีต่อระยะเวลาการเกิด เสถียรภาพ และวิถีการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก ที่ได้บรรยายในบทที่ 4 รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่คาดว่าจะนำไปพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป

5.1 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5

จากการทดลองการเติมสารละลายกรด 4 ชนิด ที่ความเข้มข้น 1:4 ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 1:1.5 พบว่าการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริวทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดี โดยที่ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกและอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สูงขึ้น เมื่อมีการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 1 ml ทำให้ได้ค่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงที่สุดคือ 6.05 %wt ที่เวลา 120 นาที แต่ถ้าหากมีการใช้สารละลายกรดที่มากเกินไปอาจทำให้ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกลดลง สำหรับการใช้สารละลายกรดฟอสฟอริกและสารละลายกรดไนตริก จะพบว่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงกับการไม่เติมสารละลายกรด แต่จะช่วยชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้ช้ากว่าการไม่เติมสารละลายกรด ในขณะเดียวกันการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกนั้นไม่เหมาะสำหรับการใช้ผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก เนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยารุนแรงและมีความอันตรายอย่างมาก นอกจากนี้การเติมสารละลายกรดชนิดต่าง ๆ จะช่วยในการชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้สลายตัวช้าเมื่อเทียบกับการไม่เติมสารละลายกรด จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนสารตั้งต้น 1:1.5 (กรดฟอร์มิก : ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์) การเติมสารละลายกรดซัลฟิวริก 1 ml จะส่งผลดีต่อการเกิดปฏิกิริยา ทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมากที่สุด และช่วยชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้ช้าลงได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของกรดในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1

จากการทดลองการเติมสารละลายกรด 4 ชนิด ที่ความเข้มข้น 1:4 ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 1:1 พบว่าการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริว 1 ml ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดี โดยที่ความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกและอัตราการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สูงขึ้น ทำให้ได้ค่าความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกสูงที่สุดคือ 8.441 %wt ที่เวลา 90 นาที และจะชะลอการสูญเสียออกซิเจนอะตอมจากกรดเปอร์ฟอร์มิก และสำหรับการใช้สารละลายกรดฟอสฟอริกส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเพียงเล็กน้อย เห็นได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงหรือมากกว่าการไม่เติมสารละลายกรดเล็กน้อย แต่จะช่วยชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกให้ช้ากว่าการไม่เติมสารละลายกรด เห็นได้จากอัตราการลดลงความเข้มข้นกรดเปอร์ฟอร์มิกที่น้อย สำหรับการเติมสาะลายกรดไนตริกส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเพียงเล็กน้อยเห็นได้จากความเข้มข้นของกรดเปอร์ฟอร์มิกมีค่าใกล้เคียงหรือมากกว่าการไม่เติมสารละลายกรดเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลต่อการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิก เนื่องจากมีอัตราการสลายตัวที่ใกล้เคียงกับการไม่เติมสารละลายกรด ในขณะเดียวกันการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกนั้นไม่เหมาะสำหรับการใช้ผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก เนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยารุนแรงและมีความอันตรายอย่างมาก จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริว 1 ml เป็นผลดีต่อการเกิดปฏิกิริยา ทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกมากที่สุด และจะชะลอการสูญเสียออกซิเจนอะตอมจากกรดเปอร์ฟอร์มิก ในขณะที่การเติมสารละลายกรดฟอสฟอริกนั้นทำให้ชะลอการสลายตัวของกรดเปอร์ฟอร์มิกได้ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ควรศึกษาความเข้มข้นของกรดที่นำมาทดสอบให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อหาความเข้มข้นและปริมาตรของกรดที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก
- ควรศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะของสารตั้งต้นเหมาะสมสำหรับการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิก
- สำหรับการใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงมาก ดังนั้นควรที่จะศึกษาปริมาณและความเข้มข้นที่เหมาะ เพื่อลดการเกิดอันตราย
- ควรศึกษากลไลการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดเปอร์ฟอรีมิกกับภาชนะ HDPE

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)

การหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เตรียมเพื่อนำมาใช้ในการไทเทรตหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา สามารถหาได้จากสูตร

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

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

W_{oxalic} คือ น้ำหนักของกรดออกซาลิก (g)

90.03 คือ น้ำหนักโมเลกุลของกรดออกซาลิก (g/mol)

V_{KMnO4} คือ ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มช้ (ml)

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

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

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

$$= (0.02899+0.02835)/2$$

$$= 0.02867 \text{ M}$$

ภาคผนวก ข
การคำนวณค่าความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

การหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมเพื่อนำมาใช้ในการไทเทรตหาหาปริมาณกรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและกรดฟอร์มิกที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา 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 โดยชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลตมา (KHP) มา 0.3054 g และใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.0632 ml

$$C_{NaOH} = 0.3054/(204.22x\ 1\ x\ 3.0632)\ x\ 1000$$
$$= 0.4882\ M$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค
การคำนวณความเข้มข้นโปรตอนของสารละลายกรด

การคำนวณความเข้มข้นโปรตอนของสารละลายกรด (ความเข้มข้น 1:4) ทั้ง 4 ชนิด คือ กรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก กรดไนตริก และกรดไฮโดรคลอริก โดยคำนวณความเข้มข้นของสารละลายกรด จากสูตร

$$C = (10dX)/M$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดที่เตรียม (M, mol/dm^3)

d คือ ความหนาแน่นของสารละลายกรด (g/cm^3)

X คือ ความเข้มข้นโดยมวล (%wt)

M คือ น้ำหนักโมเลกุลของกรด (g/mol)

<u>กรดซัลฟิวริก</u>

$$C = (10 \times 1.84 \times 97)/98.08 = 18.197 \text{ M}$$

ซึ่งกรดซัลฟิวริก 97% โดยมวล จะมีความเข้มข้นเป็น 18.197 M

หากต้องการเตรียมให้สารละลายกรดซัลฟิวริกมีความเข้มข้นเป็น 1:4 โดยที่จะเป็นกรด 4 ส่วน และน้ำกลั่น 1 ส่วน จะได้สารละลายกรดจะมีความเข้มข้นเป็น 3.639 M

กรณีของกรดซัลฟิวริกจะมีการแตกตัวของโปรตอน 2 ตัว โดยจะมีความเข้มข้นโปรตอนของสารละลายกรดซัลฟิวริก (ความเข้มข้น 1:4) = 3.639 x 2 = 7.278 M

ดังนั้นสารละลายกรดซัลฟิวริก (ความเข้มข้น 1:4) จะมีความเข้มข้นโปรตอน 7.278 M

<u>กรดฟอสฟอริก</u>

$$C = (10 \times 1.71 \times 85)/98 = 14.832 \text{ M}$$

ซึ่งกรดฟอสฟอริก 85% โดยมวล จะมีความเข้มข้นเป็น 14.832 M

หากต้องการเตรียมให้สารละลายกรดฟอสฟอริกมีความเข้มข้นเป็น 1:4 โดยที่จะเป็นกรด 4 ส่วน และน้ำกลั่น 1 ส่วน จะได้สารละลายกรดจะมีความเข้มข้นเป็น 2.966 M

กรณีของกรดฟอสฟอริกจะมีการแตกตัวของโปรตอน 1 ตัวที่เป็นกรดแก่ และอีก 2 ตัวเป็นกรดอ่อน โดยจะมีความเข้มข้นโปรตอนของสารละลายกรดฟอสฟอริก (ความเข้มข้น 1:4) = 2.966 x 1 = 2.966 M

ดังนั้นสารละลายกรดฟอสฟอริก (ความเข้มข้น 1:4) จะมีความเข้มข้นโปรตอน 2.966 M

<u>กรดไนตริก</u>

$$C = (10 \times 1.42 \times 71)/63.01 = 16.001\ M$$

ซึ่งกรดไนตริก 71% โดยมวล จะมีความเข้มข้นเป็น 16.001 M

หากต้องการเตรียมให้สารละลายกรดไนตริกมีความเข้มข้นเป็น 1:4 โดยที่จะเป็นกรด 4 ส่วน และน้ำกลั่น 1 ส่วน จะได้สารละลายกรดจะมีความเข้มข้นเป็น 3.200 M

กรณีของกรดไนตริกจะมีการแตกตัวของโปรตอน 1 ตัว โดยจะมีความเข้มข้นโปรตอนของสารละลายกรดไนตริก (ความเข้มข้น 1:4) = 3.200 x 1 = 3.200 M

ดังนั้นสารละลายกรดไนตริก (ความเข้มข้น 1:4) จะมีความเข้มข้นโปรตอน 3.200 M

<u>กรดไฮโดรคลอริก</u>

$$C = (10 \times 1.19 \times 35.4)/36.46 = 11.554\ M$$

ซึ่งกรดไฮโดรคลอริก 35.4% โดยมวล จะมีความเข้มข้นเป็น 11.554 M

หากต้องการเตรียมให้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีความเข้มข้นเป็น 1:4 โดยที่จะเป็นกรด 4 ส่วน และน้ำกลั่น 1 ส่วน จะได้สารละลายกรดจะมีความเข้มข้นเป็น 2.311 M

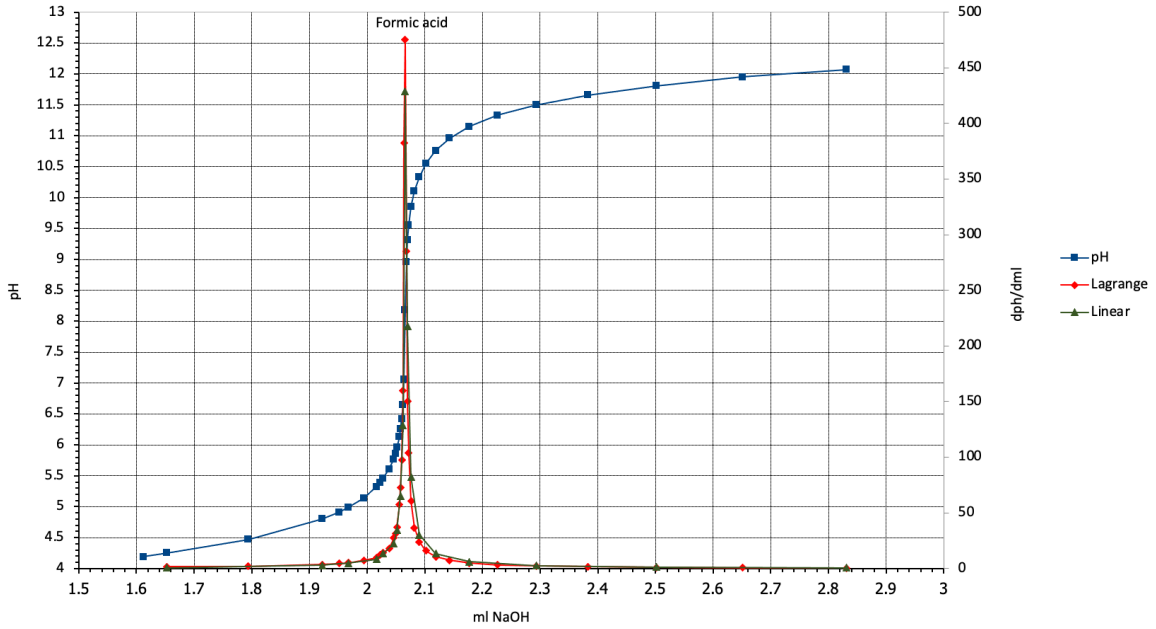
กรณีของกรดไฮโดรคลอริกจะมีการแตกตัวของโปรตอน 1 ตัว โดยจะมีความเข้มข้นโปรตอนของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ความเข้มข้น 1:4) = 2.311 x 1 = 2.311 M

ดังนั้นสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ความเข้มข้น 1:4) จะมีความเข้มข้นโปรตอน 2.311 M

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง
การหาจุดสมมูลจากกราฟการไทเทรต

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



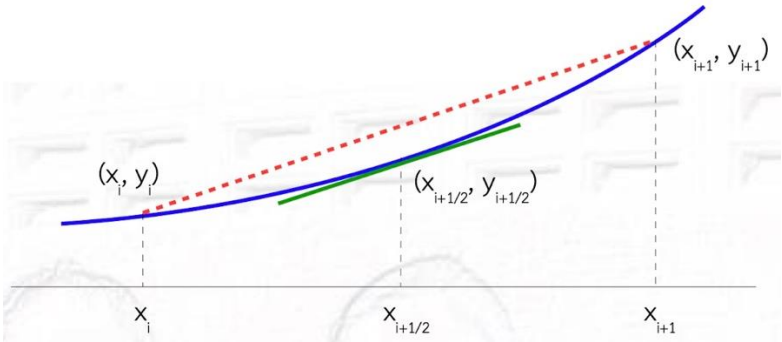
ภาพที่ ค.1 กราฟการไทเทรตตัวอย่างกรดฟอร์มิก (HCOOH) ด้วยเบสแก่ (NaOH 0.4882 mol/l) โดยที่เส้นสีน้ำเงินคือค่า pH ที่วัดได้เมื่อเติมเบสลงไป และเส้นสีแดงและเส้นสีเขียวคือค่าความชันของเส้นสีน้ำเงินที่คำนวณด้วยเทคนิคต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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 $(y_{i+1}- y_i)/ (x_{i+1}- x_i)$ ซึ่งความชันของ

เส้นตรงเส้นนี้จะเป็นค่าประมาณของความชันของจุดกึ่งกลางระหว่าง x_i และ x_{i+1} คือจุด $(x_1+x_2)/2$ หรือ $x_{i+1/2}$ (ภาพที่ ค.2)



ภาพที่ ค.2 เส้นประสีแดงที่ลากเชื่อมจุด (x_i, y_i) และ (x_{i+1}, y_{i+1}) มีความชันเท่ากับ $(y_{i+1}- y_i)/ (x_{i+1}- x_i)$ ความชันของเส้นสีแดงใกล้เคียงกับเส้นสัมผัสโค้งที่จุด $(x_{i+1/2}, y_{i+1/2})$ (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)

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

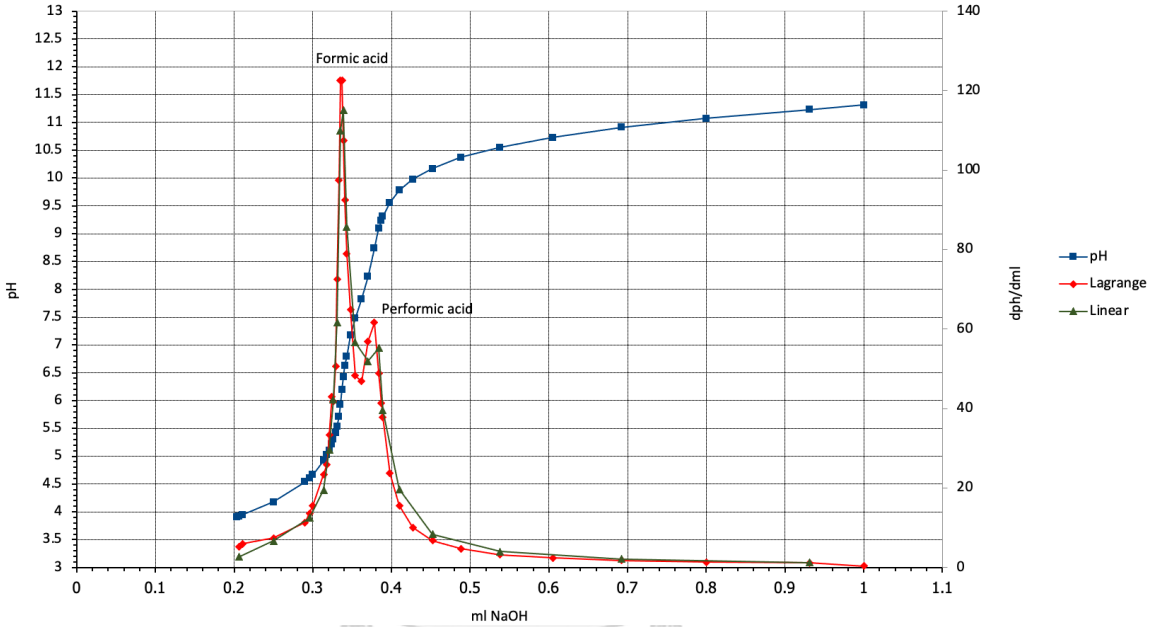
ถ้าทำการ differentiate สมการที่ (1) 1 และ 2 ครั้ง จะได้สมการสำหรับคำนวณค่าอนุพันธ์อันดับ 1 และอันดับ 2 ดังนี้

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

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

ภาพที่ ค.1 และ ค.3 ที่นำมาเป็นตัวอย่างนั้นได้จากการไทเทรตด้วยเครื่องไทเทรตอัตโนมัติที่เครื่องจะทำการปรับปริมาตรเบสที่เติมตามอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH ทำให้จุดข้อมูลที่ได้มานั้นห่างกันเป็นระยะที่ไม่คงที่ คือ ช่วงที่ค่า pH เปลี่ยนช้าจุดก็จะห่างกัน แต่ถ้าเป็นช่วงที่ค่า pH เปลี่ยนเร็วจุดจะอยู่ใกล้กัน

การใช้ค่าอนุพันธ์ในการหาตำแหน่งจุดสมมูลจะช่วยให้การแปลผลไทเทรตที่เปลี่ยนแปลงค่า pH นั้นไม่เด่นชัด หรือในกรณีที่จุดสมมูลของกรดแต่ละตัวนั้นอยู่ใกล้กัน



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

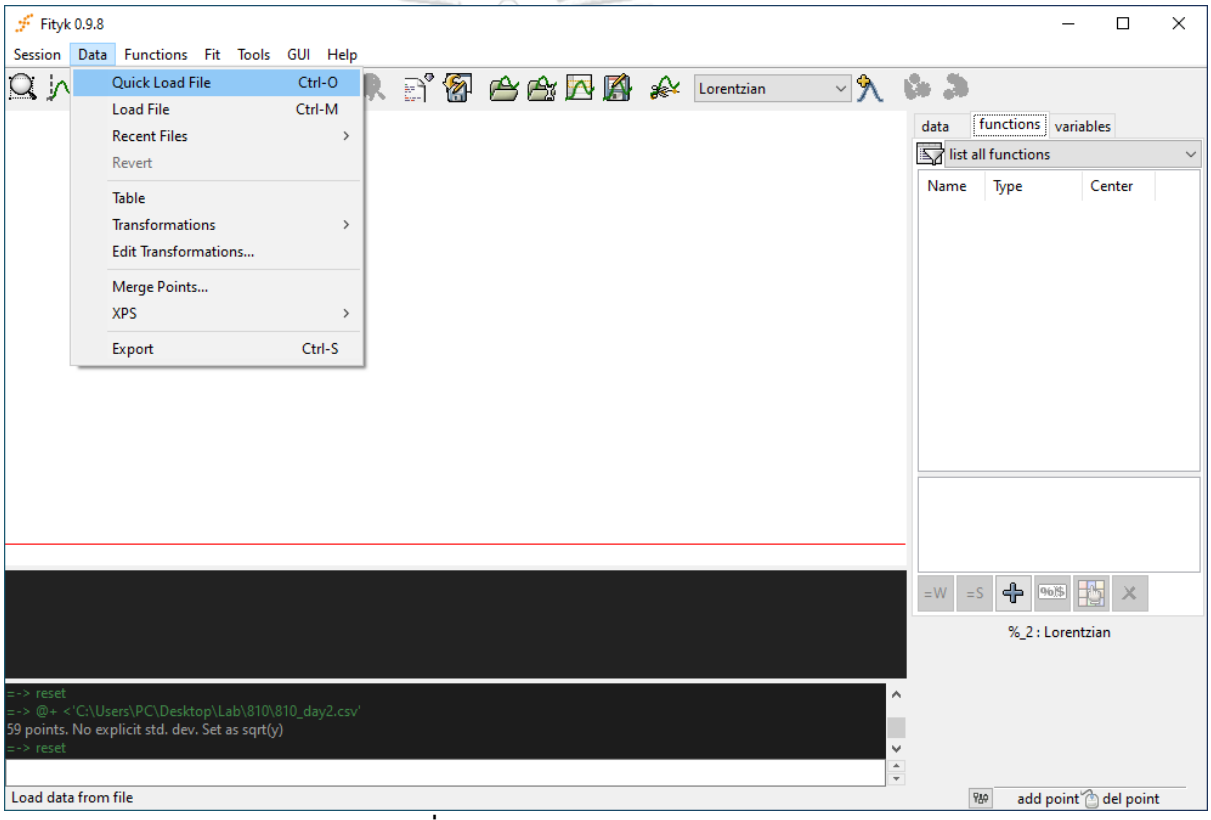
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ
การหาตำแหน่งของจุดสมมูลของกราฟการไทเทรตด้วยโปรแกรม fityk

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

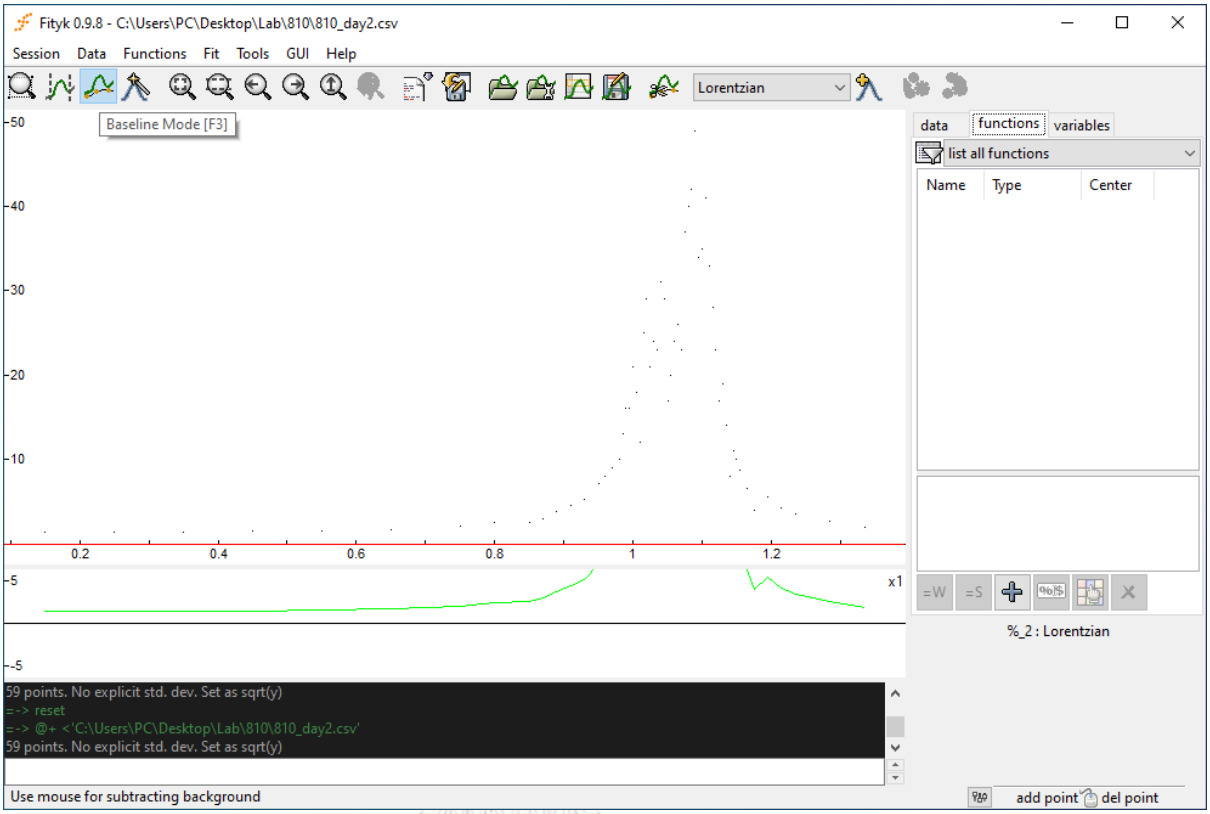
โดยจะนำข้อมูลปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม (ml) และ dpH/dml บันทึกเป็นไฟล์ .csv (สำหรับ spreadsheet) โดยใช้โปรแกรม fityk อ่านค่าข้อมูล

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



ภาพที่ จ.1 เมนู Quick Load File

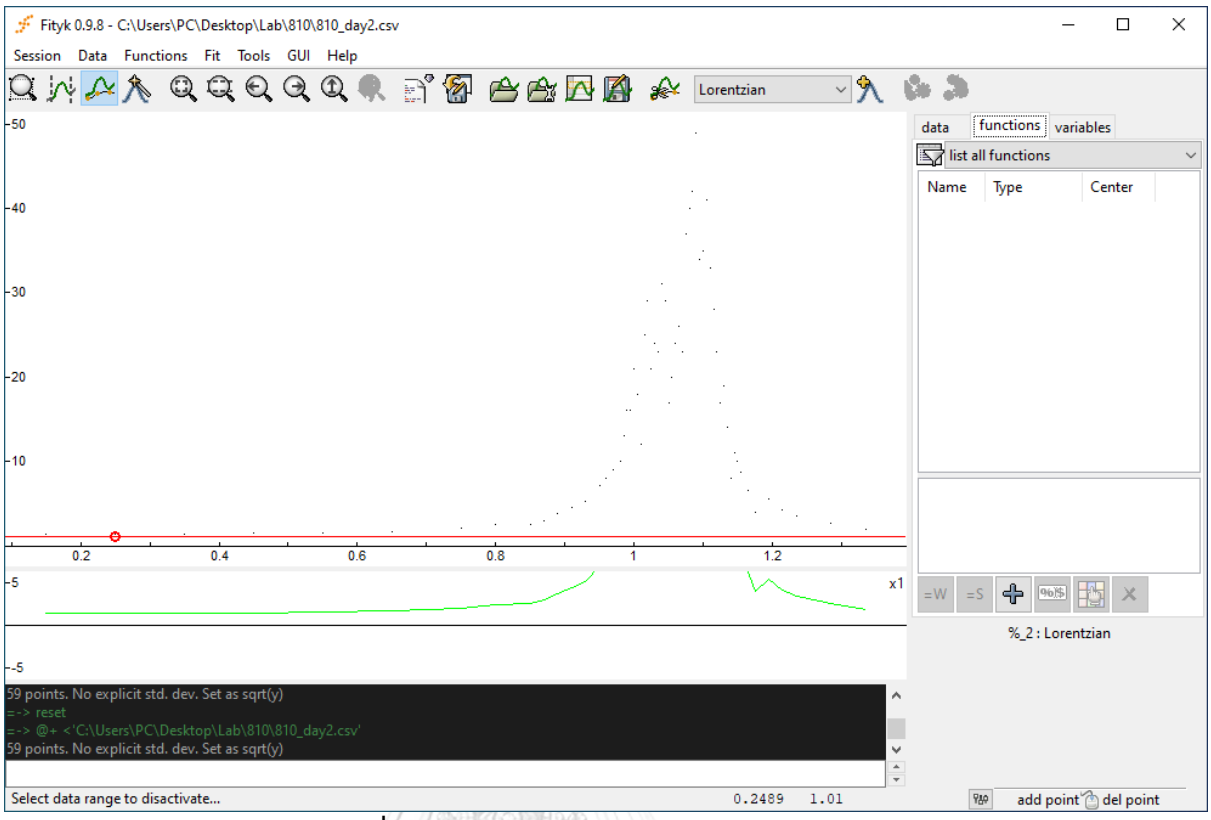
เมื่อเปิดไฟล์ที่เลือกแล้ว จะขึ้นเป็นจุดตามข้อมูลในไฟล์ ดังภาพที่ จ.2



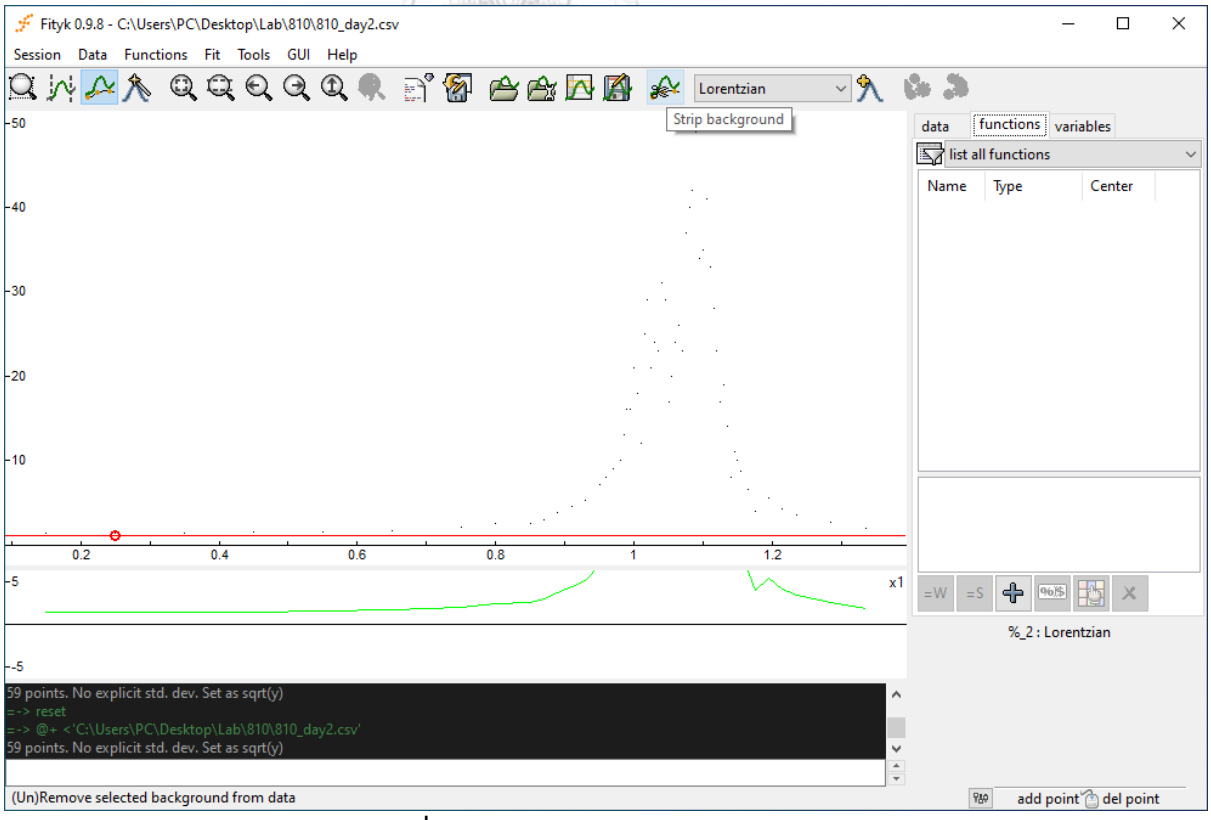
ภาพที่ จ.2 ตัวอย่างจุดตามไฟล์ข้อมูล

จากนั้นเลือกเมนู Baseline Mode ตามภาพที่ จ.2 และทำการระบุตำแหน่งโดยเลือกตำแหน่งที่ต่ำกว่าจุดที่ต่ำที่สุดของข้อมูล ตามภาพที่ จ.3 และทำการตัดเส้น Baseline โดยเมนู Strip background ตามภาพที่ จ.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

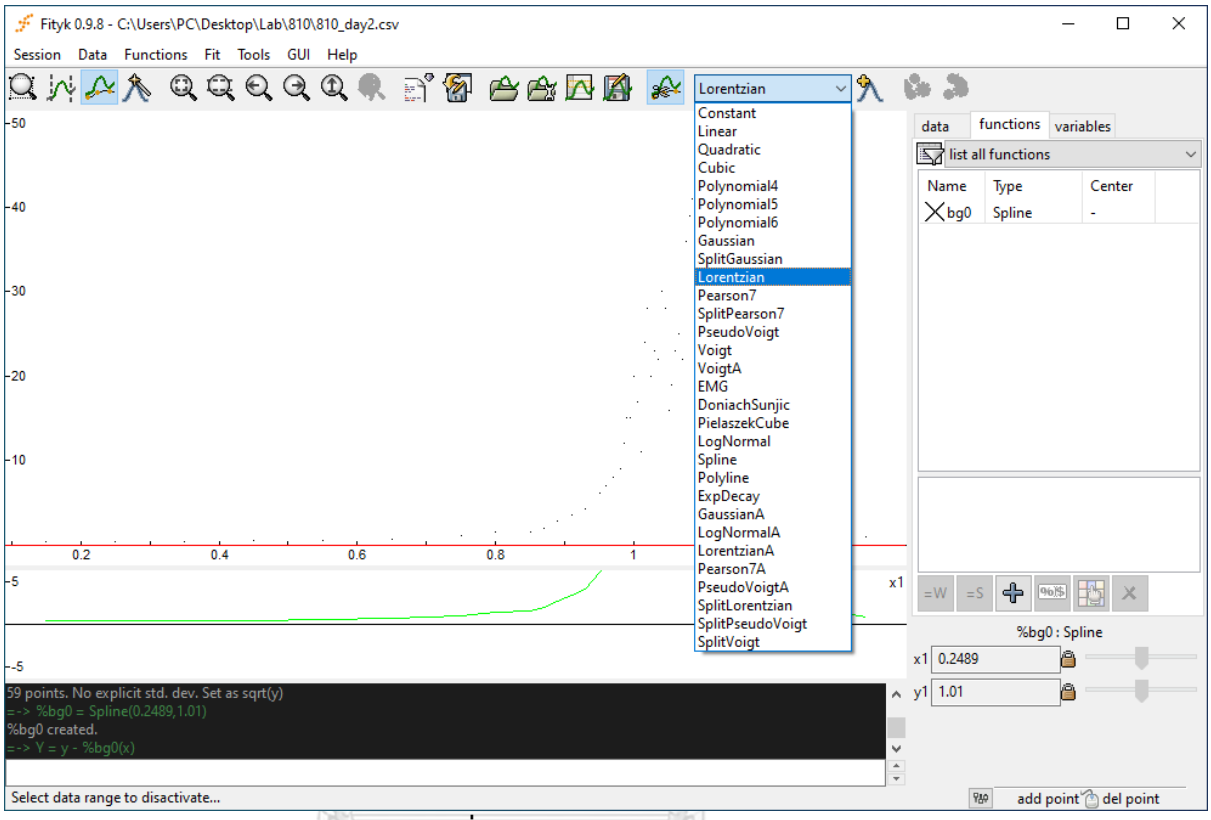


ภาพที่ จ.3 การเลือกตำแหน่งเส้น Baseline



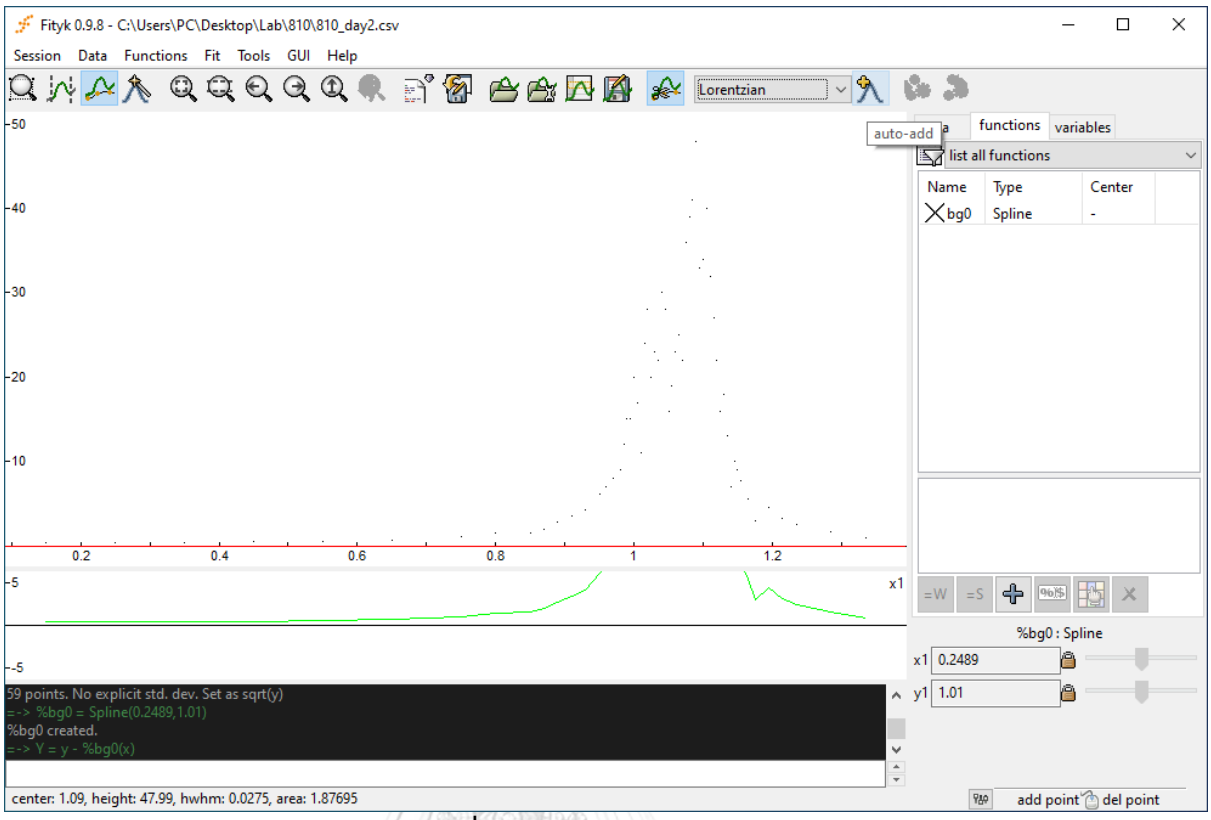
ภาพที่ จ.4 เมนู Strip background

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

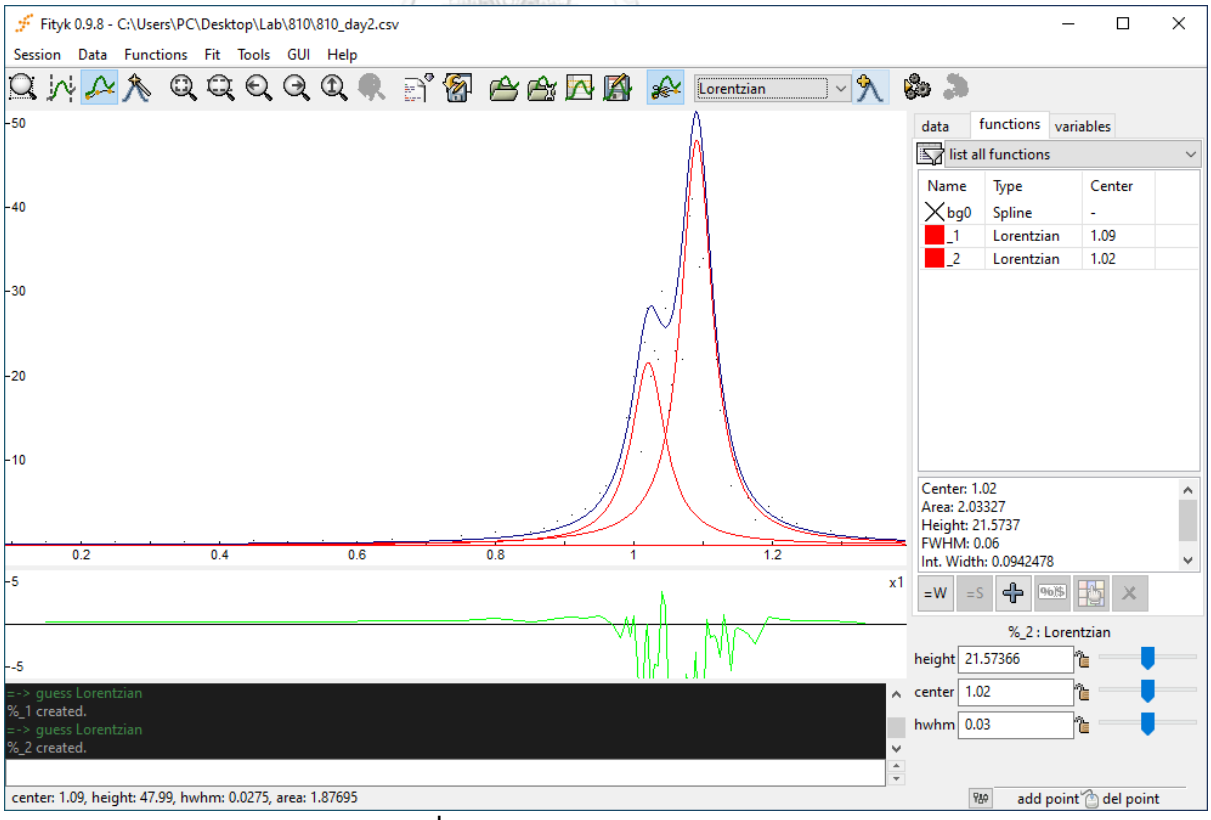


ภาพที่ จ.5 ชนิดของฟังก์ชัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

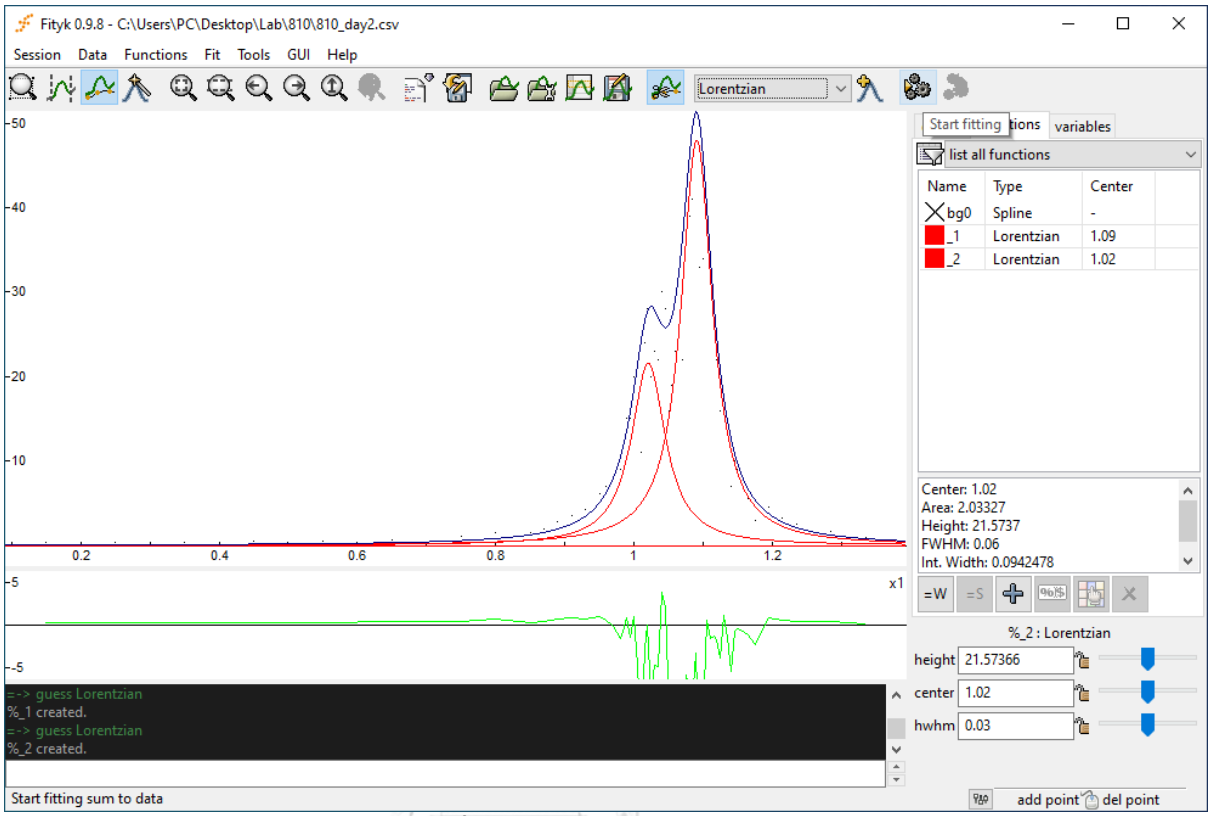


ภาพที่ จ.6 เมนู Auto-add



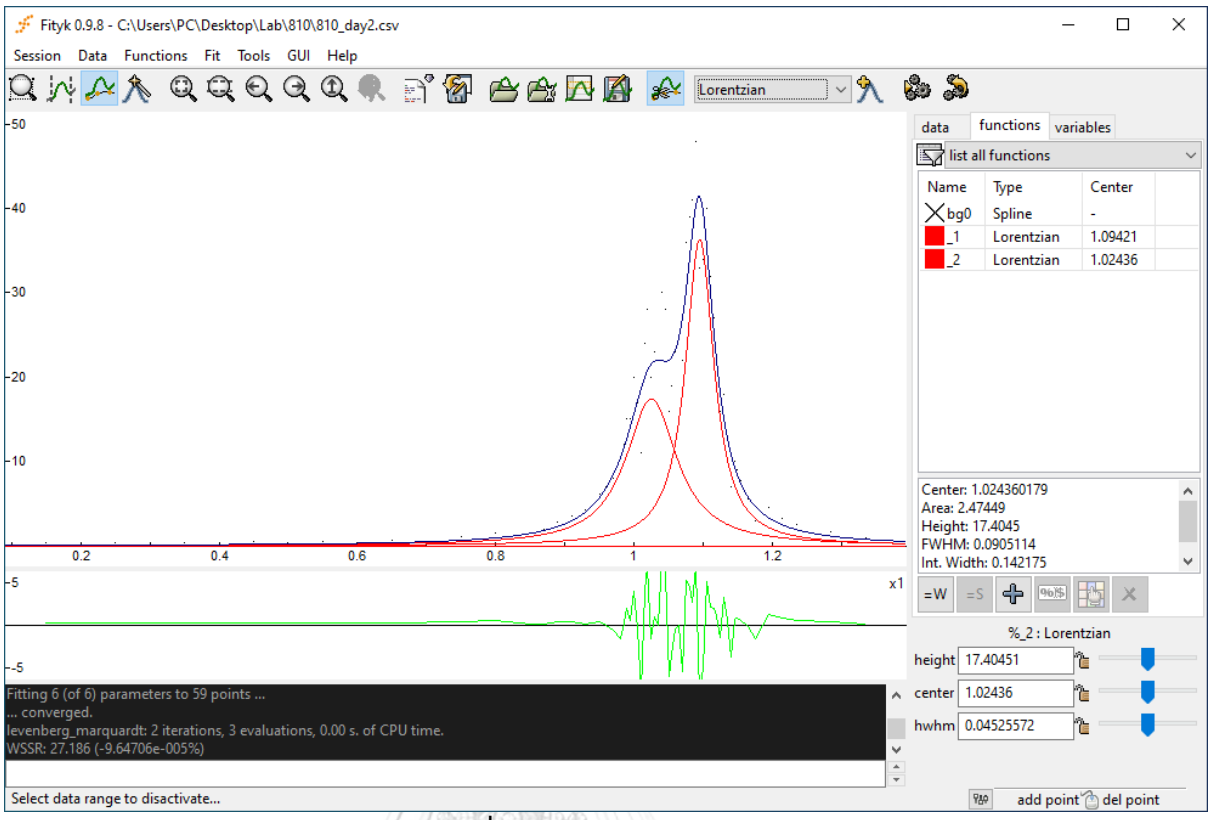
ภาพที่ จ.7 Peak ของกราฟข้อมูล

และทำ peak fitting โดยเลือกเมนู Start fitting ตามภาพที่ จ.8 และภาพที่ จ. 9



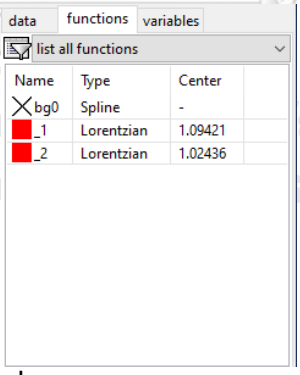
ภาพที่ จ.8 เมนู Start fitting

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



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 = $(5.13 \times 10^{-4}) + (2.2 \times 10^{-5}) = 5.35 \times 10^{-4}$ 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

ดังนั้น 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

%w/w ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือ = (7.64 x 10^{-2})/0.2362 x 100 = 32.33%

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

%w/w ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่หมด = 32.33 + 0.6 = 33.93%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช

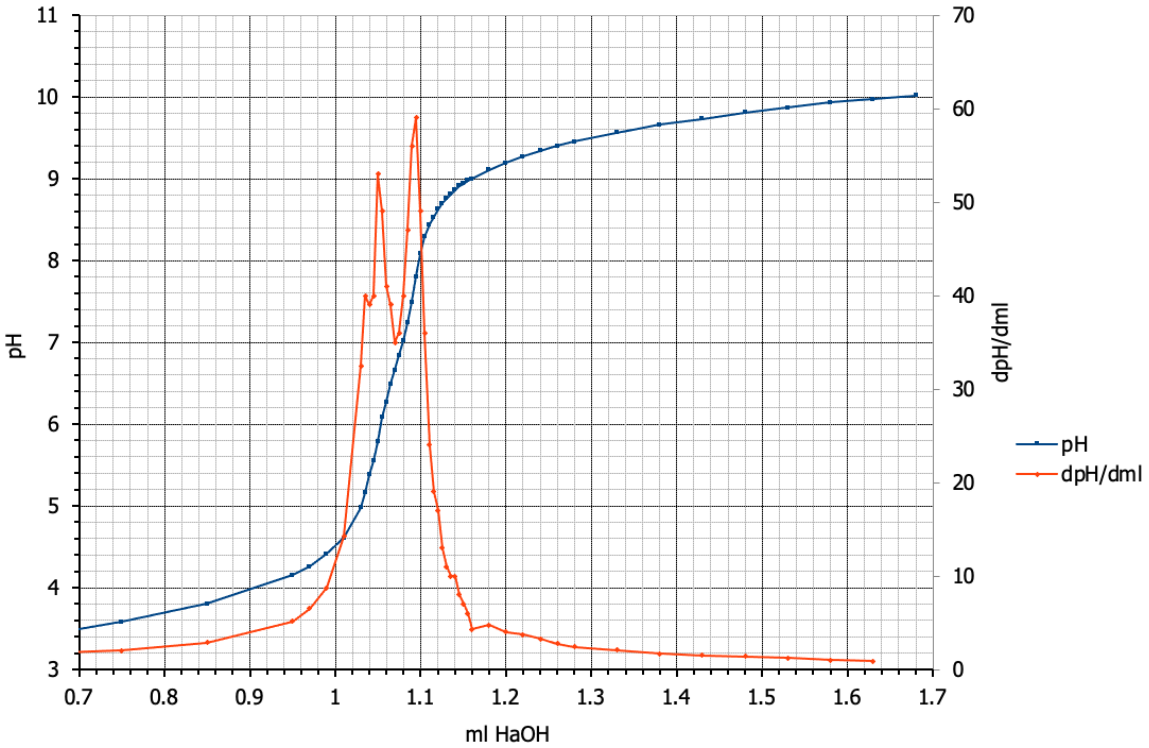
ข้อมูลดิบของการไทเทรตด้วยเครื่อง pH meter ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5

ข้อมูลการไทเทรตเพื่อหากรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและหากรดฟอร์มิกที่เหลือในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น ชนิดและควาเข้มข้นของกรดที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 7 วัน

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด 0.1240 g

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.4882 M



ภาพที่ ช.1 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง 0.2362 g

ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 32.4 ml

ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 0.02833 M

จำนวนโมล H_2O_2	0.00229 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.07806 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	33.047
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.602
Total wt% H_2O_2	33.649

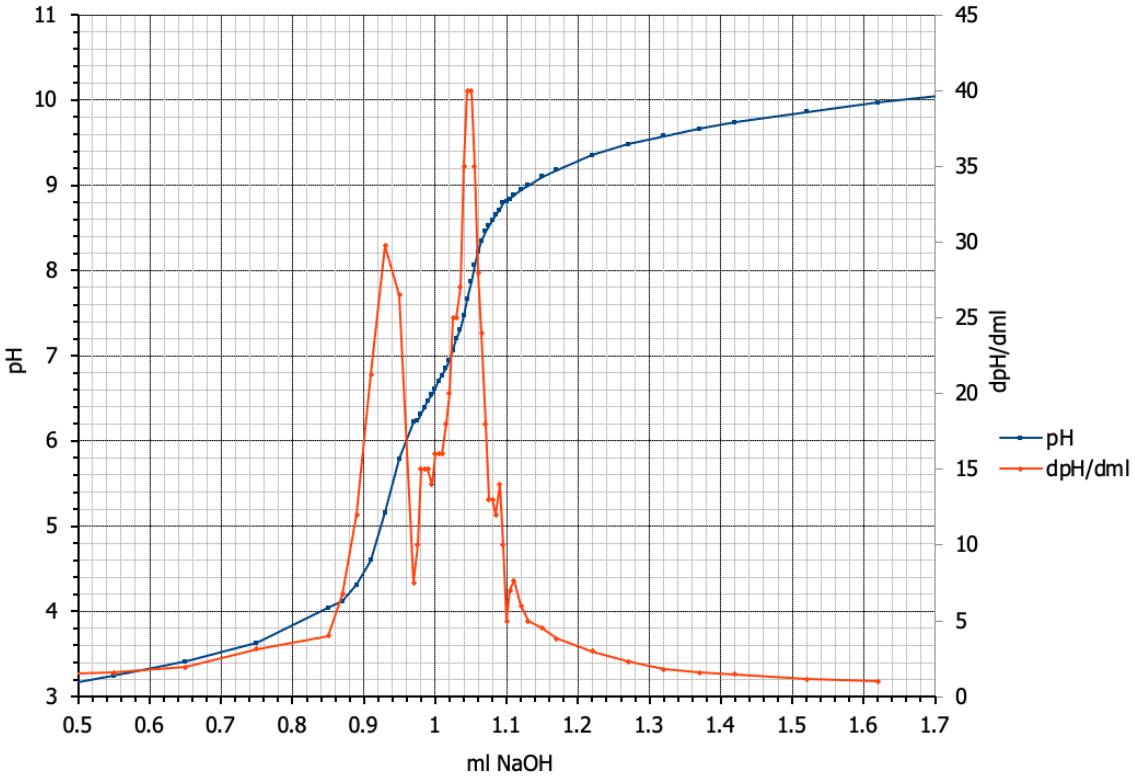
ตารางที่ ช.1 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.33	
0.050	2.41	1.90
0.100	2.52	2.10
0.150	2.62	1.87
0.250	2.78	1.60
0.350	2.94	1.55
0.450	3.09	1.50
0.550	3.24	1.55
0.650	3.40	1.70
0.750	3.58	2.00
0.850	3.80	2.85
0.950	4.15	5.17
0.970	4.26	6.50
0.990	4.41	8.75
1.010	4.61	14.25
1.030	4.98	32.50
1.035	5.16	40.00
1.040	5.38	39.00
1.045	5.55	40.00
1.050	5.78	53.00
1.055	6.08	49.00
1.060	6.27	41.00
1.065	6.49	39.00
1.070	6.66	35.00
1.075	6.84	36.00
1.080	7.02	40.00
1.085	7.24	47.00
1.090	7.49	56.00
1.095	7.80	59.00
1.100	8.08	49.00
1.105	8.29	36.00
1.110	8.44	24.00
1.115	8.53	19.00
1.120	8.63	17.00
1.125	8.70	13.00
1.130	8.76	11.00
1.135	8.81	10.00
1.140	8.86	10.00
1.145	8.91	8.00
1.150	8.94	7.00
1.155	8.98	6.00
1.160	9.00	4.30
1.180	9.11	4.75
1.200	9.19	4.00
1.220	9.27	3.75
1.240	9.34	3.25
1.260	9.40	2.75
1.280	9.45	2.41
1.330	9.56	2.10
1.380	9.66	1.70
1.430	9.73	1.50
1.480	9.81	1.40
1.530	9.87	1.20
1.580	9.93	1.00
1.630	9.97	0.90
1.680	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 60 นาที หลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1042 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.2 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2265 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	29.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02833 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00211 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.07179 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.696
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.872
Total wt% H_2O_2	33.569

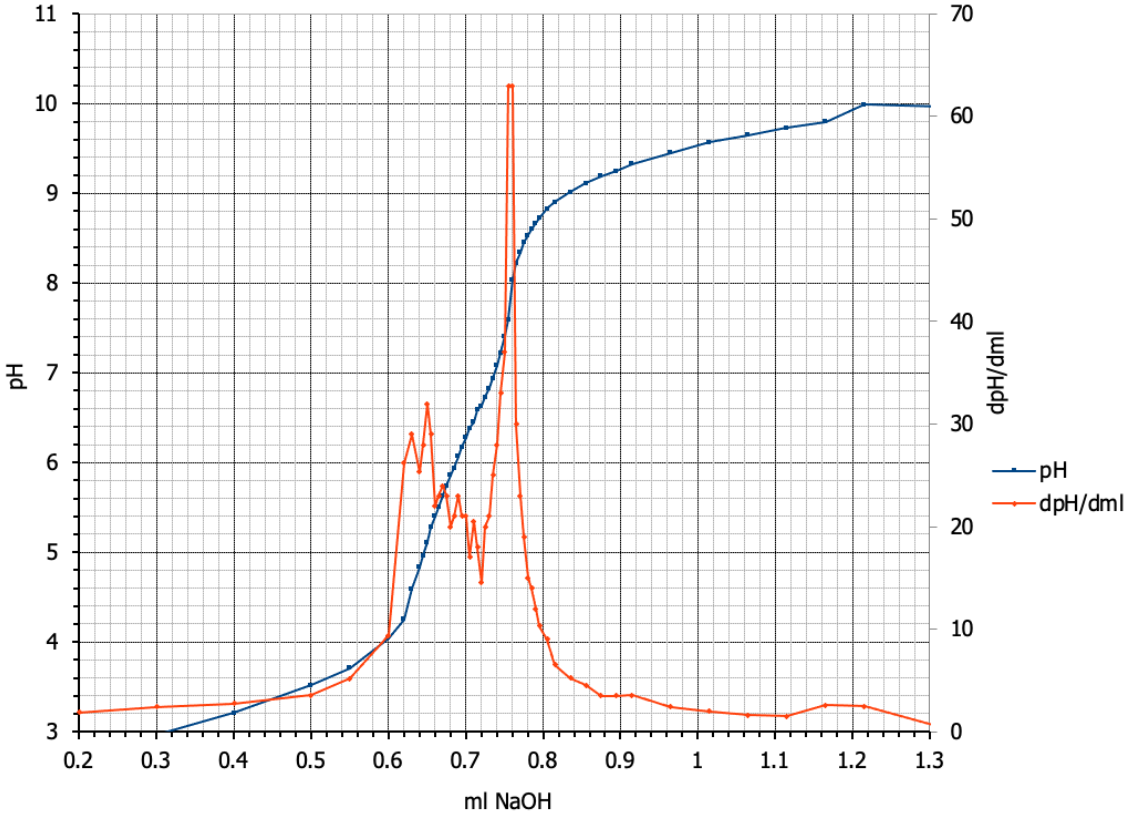
ตารางที่ ช.2 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.33		1.040	7.47	35.00
0.050	2.41	1.80	1.045	7.66	40.00
0.100	2.51	1.93	1.050	7.87	40.00
0.200	2.69	1.70	1.055	8.06	35.00
0.300	2.85	1.65	1.060	8.22	28.00
0.400	3.02	1.50	1.065	8.34	24.00
0.450	3.09	1.43	1.070	8.46	18.00
0.550	3.24	1.60	1.075	8.52	13.00
0.650	3.41	1.95	1.080	8.59	13.00
0.750	3.63	3.15	1.085	8.65	12.00
0.850	4.04	4.02	1.090	8.71	14.00
0.870	4.12	6.75	1.095	8.79	10.00
0.890	4.31	12.00	1.100	8.81	5.00
0.910	4.60	21.25	1.105	8.84	7.00
0.930	5.16	29.75	1.110	8.88	7.67
0.950	5.79	26.50	1.120	8.95	6.00
0.970	6.22	7.50	1.130	9.00	5.00
0.975	6.24	10.00	1.150	9.10	4.50
0.980	6.32	15.00	1.170	9.18	3.83
0.985	6.39	15.00	1.220	9.35	3.00
0.990	6.47	15.00	1.270	9.48	2.30
0.995	6.54	14.00	1.320	9.58	1.80
1.000	6.61	16.00	1.370	9.66	1.60
1.005	6.70	16.00	1.420	9.74	1.47
1.010	6.77	16.00	1.520	9.86	1.15
1.015	6.86	18.00	1.620	9.97	1.00
1.020	6.95	20.00	1.720	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 90 นาที หลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0893 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.3 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1735 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02833 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00161 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05469 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.520
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.999
Total wt% H_2O_2	33.519

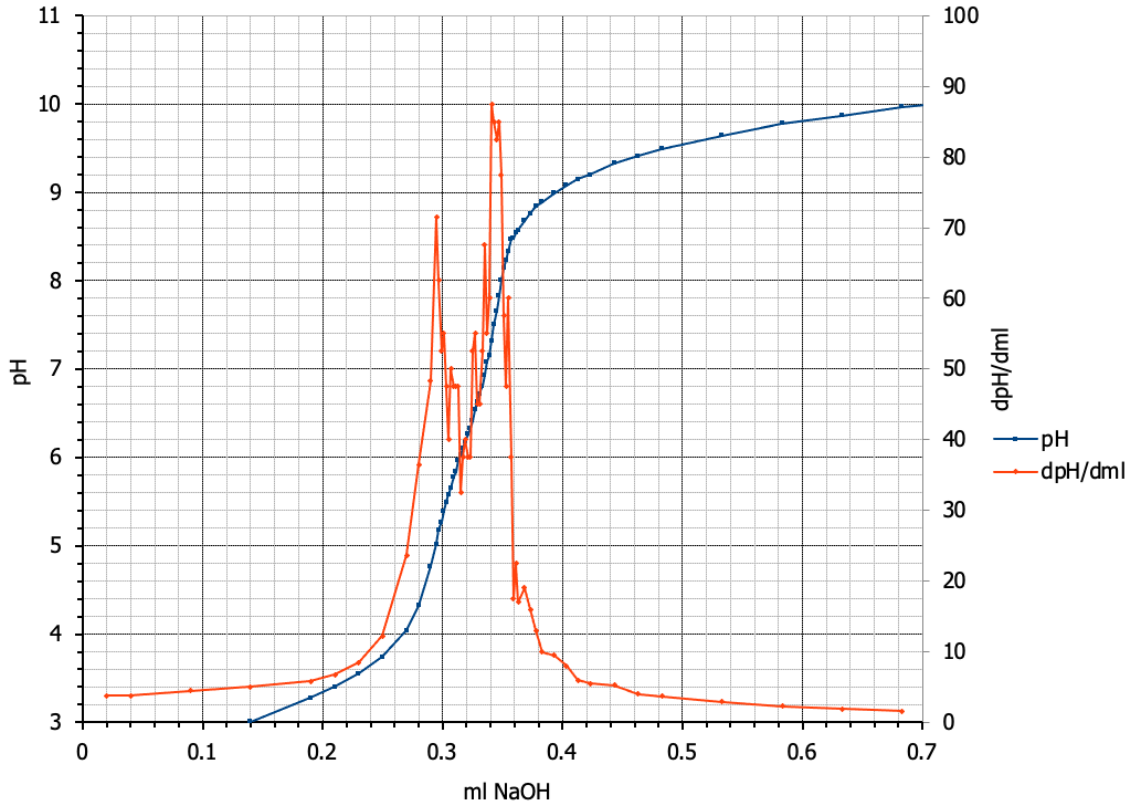
ตารางที่ ช.3 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.26		0.730	6.83	21.00
0.050	2.37	3.30	0.735	6.94	25.00
0.100	2.59	3.40	0.740	7.08	28.00
0.200	2.73	1.90	0.745	7.22	33.00
0.300	2.97	2.40	0.750	7.41	37.00
0.400	3.21	2.75	0.755	7.59	63.00
0.500	3.52	3.57	0.760	8.04	63.00
0.550	3.71	5.20	0.765	8.22	30.00
0.600	4.04	9.39	0.770	8.34	23.00
0.620	4.25	26.17	0.775	8.45	19.00
0.630	4.59	29.00	0.780	8.53	15.00
0.640	4.83	25.33	0.785	8.60	14.00
0.645	4.96	28.00	0.790	8.67	12.00
0.650	5.11	32.00	0.795	8.72	10.33
0.655	5.28	29.00	0.805	8.83	9.00
0.660	5.40	22.00	0.815	8.90	6.50
0.665	5.50	23.00	0.835	9.01	5.25
0.670	5.63	24.00	0.855	9.11	4.50
0.675	5.74	23.00	0.875	9.19	3.50
0.680	5.86	20.00	0.895	9.25	3.50
0.685	5.94	21.00	0.915	9.33	3.54
0.690	6.07	23.00	0.965	9.45	2.40
0.695	6.17	21.00	1.015	9.57	2.00
0.700	6.28	21.00	1.065	9.65	1.60
0.705	6.38	17.00	1.115	9.73	1.50
0.710	6.45	20.50	1.165	9.80	2.60
0.715	6.59	18.00	1.215	9.99	2.47
0.720	6.63	14.50	1.315	9.97	0.40
0.725	6.73	20.00	1.415	10.07	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 120 นาที หลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0406 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.4 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1627 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02833 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00150 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05107 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.391
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.881
Total wt% H_2O_2	33.273

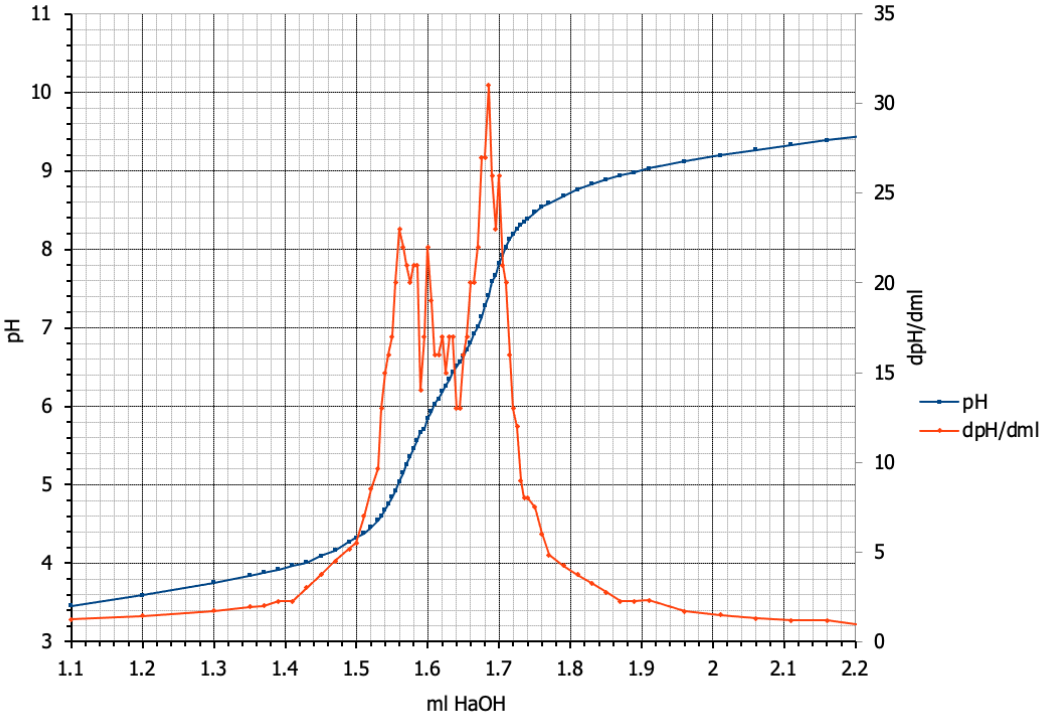
ตารางที่ ช.4 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.41	
0.020	2.49	3.75
0.040	2.56	3.76
0.090	2.78	4.50
0.140	3.01	5.00
0.190	3.28	5.83
0.210	3.40	6.75
0.230	3.55	8.50
0.250	3.74	12.25
0.270	4.04	23.67
0.280	4.32	36.50
0.290	4.77	48.33
0.295	5.02	71.43
0.297	5.18	62.50
0.299	5.27	52.50
0.301	5.39	55.00
0.303	5.49	47.50
0.305	5.58	40.00
0.307	5.65	50.00
0.309	5.78	47.50
0.311	5.84	47.50
0.313	5.97	47.50
0.315	6.03	32.50
0.317	6.10	37.50
0.319	6.18	40.00
0.321	6.26	37.50
0.323	6.33	37.50
0.325	6.41	52.50
0.327	6.54	55.00
0.329	6.63	45.00
0.331	6.72	45.00
0.333	6.81	52.50
0.335	6.93	67.50
0.337	7.08	55.00
0.339	7.15	60.00
0.341	7.32	87.50
0.343	7.50	85.00
0.345	7.66	82.50
0.347	7.83	85.00
0.349	8.00	77.50
0.351	8.14	57.50
0.353	8.23	47.50
0.355	8.33	60.00
0.357	8.47	37.50
0.359	8.48	17.50
0.361	8.54	22.50
0.363	8.57	17.00
0.368	8.68	19.00
0.373	8.76	16.00
0.378	8.84	13.00
0.383	8.89	10.00
0.393	8.99	9.50
0.403	9.08	8.00
0.413	9.15	6.00
0.423	9.20	5.50
0.443	9.33	5.25
0.463	9.41	4.00
0.483	9.49	3.71
0.533	9.64	2.90
0.583	9.78	2.30
0.633	9.87	1.90
0.683	9.97	1.60
0.733	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3147 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.5 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2251 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00171 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05801 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.771
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.660
Total wt% H_2O_2	26.430

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ช.5 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.18		1.530	4.55	9.67
0.050	2.27	1.70	1.535	4.60	13.00
0.100	2.35	1.60	1.540	4.68	15.00
0.150	2.43	1.40	1.545	4.75	16.00
0.200	2.49	1.10	1.550	4.84	17.00
0.250	2.54	1.10	1.555	4.92	20.00
0.300	2.60	1.17	1.560	5.04	23.00
0.400	2.71	1.10	1.565	5.15	22.00
0.500	2.82	1.10	1.570	5.26	21.00
0.600	2.93	1.10	1.575	5.36	20.00
0.700	3.04	1.10	1.580	5.46	21.00
0.800	3.15	1.00	1.585	5.57	21.00
0.900	3.24	0.95	1.590	5.67	14.00
1.000	3.34	1.10	1.595	5.71	17.00
1.100	3.46	1.25	1.600	5.84	22.00
1.200	3.59	1.45	1.605	5.93	19.00
1.300	3.75	1.73	1.610	6.03	16.00
1.350	3.84	1.94	1.615	6.09	16.00
1.370	3.88	2.00	1.620	6.19	17.00
1.390	3.92	2.25	1.625	6.26	15.00
1.410	3.97	2.25	1.630	6.34	17.00
1.430	4.01	3.00	1.635	6.43	17.00
1.450	4.09	3.75	1.640	6.51	13.00
1.470	4.16	4.50	1.645	6.56	13.00
1.490	4.27	5.17	1.650	6.64	16.00
1.500	4.32	5.50	1.655	6.72	17.00
1.510	4.38	7.00	1.660	6.81	20.00
1.520	4.46	8.50	1.665	6.92	20.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

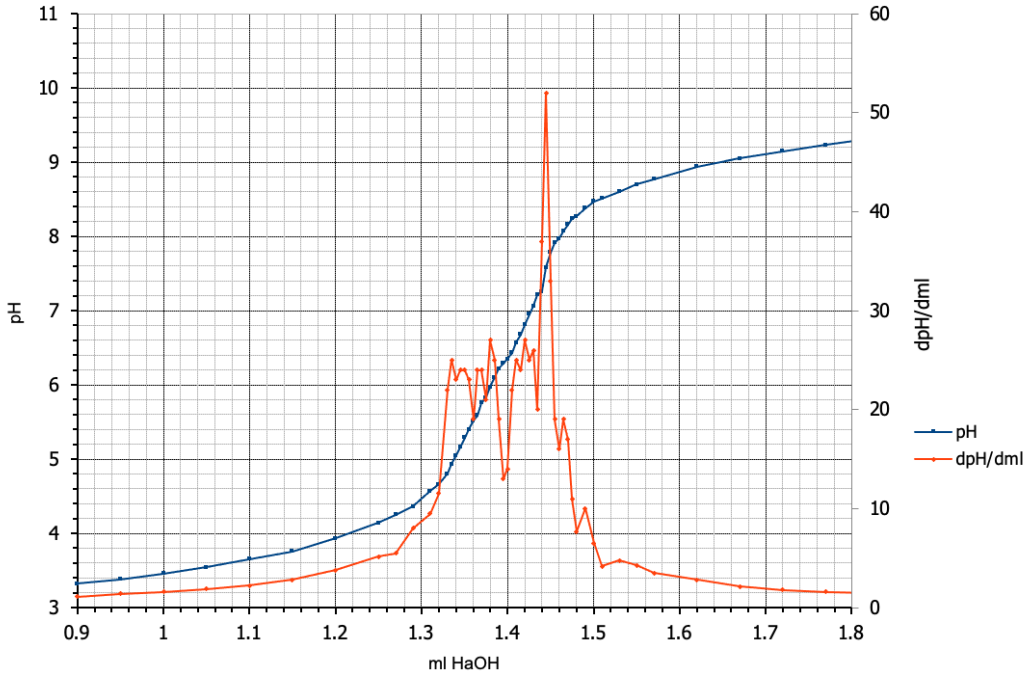
ml	pH	dpH/dml
1.670	7.01	22.00
1.675	7.14	27.00
1.680	7.28	27.00
1.685	7.41	31.00
1.690	7.59	26.00
1.695	7.67	23.00
1.700	7.82	26.00
1.705	7.93	21.00
1.710	8.03	20.00
1.715	8.13	16.00
1.720	8.19	13.00
1.725	8.26	12.00
1.730	8.31	9.00
1.735	8.35	8.00
1.740	8.39	8.00
1.750	8.47	7.50
1.760	8.54	6.00
1.770	8.59	4.83
1.790	8.68	4.25
1.810	8.76	3.75
1.830	8.83	3.25
1.850	8.89	2.75
1.870	8.94	2.25
1.890	8.98	2.25
1.910	9.03	2.30
1.960	9.12	1.70
2.010	9.20	1.50
2.060	9.27	1.30

ml	pH	dpH/dml
2.110	9.33	1.20
2.160	9.39	1.20
2.210	9.45	0.90
2.260	9.48	0.73
2.360	9.58	0.85
2.460	9.65	0.65
2.560	9.71	0.55
2.660	9.76	0.55
2.760	9.82	0.55
2.860	9.87	0.50
2.960	9.92	0.45
3.060	9.96	0.35
3.210	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3241 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.6 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2186 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00149 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05070 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.192
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.397
Total wt% H_2O_2	23.589

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

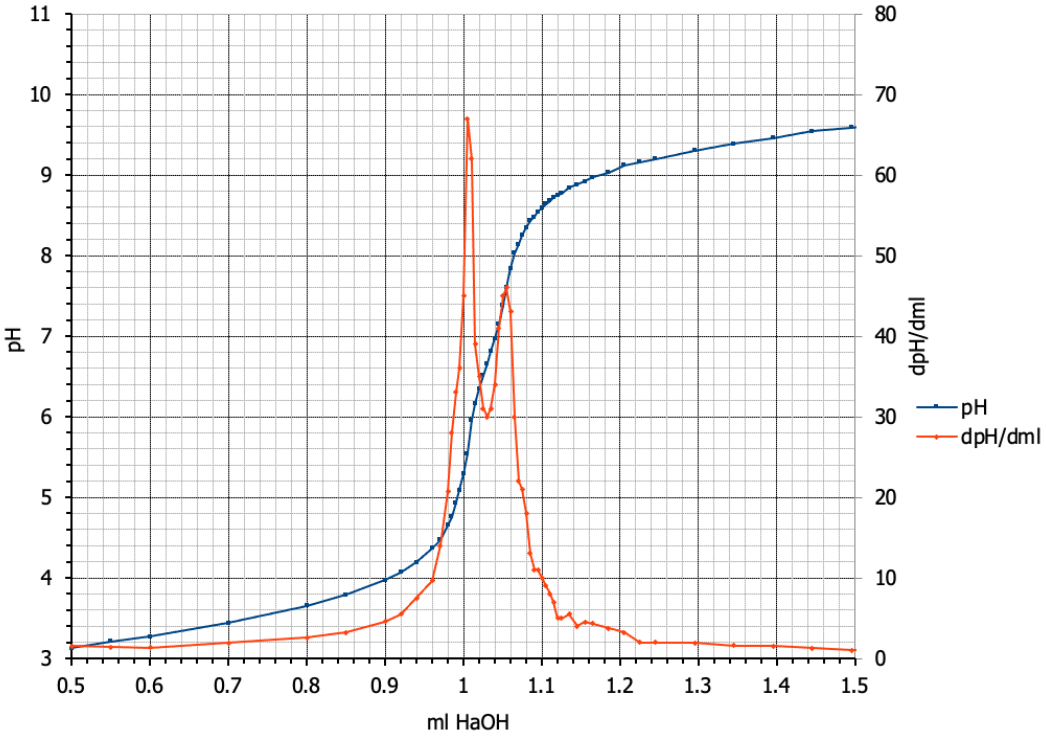
ตารางที่ ช.6 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.16	
0.100	2.32	1.65
0.200	2.49	1.55
0.300	2.63	1.27
0.350	2.69	1.30
0.400	2.76	1.30
0.450	2.82	1.10
0.500	2.87	1.10
0.550	2.93	1.20
0.600	2.99	1.00
0.650	3.03	0.90
0.700	3.08	1.10
0.750	3.14	1.10
0.800	3.19	1.30
0.850	3.27	1.30
0.900	3.32	1.10
0.950	3.38	1.40
1.000	3.46	1.60
1.050	3.54	1.90
1.100	3.65	2.20
1.150	3.76	2.80
1.200	3.93	3.80
1.250	4.14	5.13
1.270	4.25	5.50
1.290	4.36	8.00
1.310	4.57	9.50
1.320	4.66	11.50
1.330	4.80	22.00
1.335	4.93	25.00
1.340	5.05	23.00
1.345	5.16	24.00
1.350	5.29	24.00
1.355	5.40	23.00
1.360	5.52	19.00
1.365	5.59	24.00
1.370	5.76	24.00
1.375	5.83	21.00
1.380	5.97	27.00
1.385	6.10	25.00
1.390	6.22	19.00
1.395	6.29	13.00
1.400	6.35	14.00
1.405	6.43	22.00
1.410	6.57	25.00
1.415	6.68	24.00
1.420	6.81	27.00
1.425	6.95	25.00
1.430	7.06	26.00
1.435	7.21	20.00
1.440	7.26	37.00
1.445	7.58	52.00
1.450	7.78	33.00
1.455	7.91	19.00
1.460	7.97	16.00
1.465	8.07	19.00
1.470	8.16	17.00
1.475	8.24	11.00
1.480	8.27	7.67
1.490	8.38	10.00
1.500	8.47	6.50
1.510	8.51	4.17
1.530	8.60	4.75
1.550	8.70	4.25
1.570	8.77	3.47
1.620	8.94	2.80
1.670	9.05	2.10
1.720	9.15	1.80
1.770	9.23	1.60
1.820	9.31	1.43
1.920	9.42	1.10
2.020	9.53	0.95
2.120	9.61	0.70
2.220	9.67	0.60
2.370	9.76	0.60
2.520	9.85	0.57
2.670	9.93	0.53
2.820	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3203 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.7 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2026 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00126 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04299 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	21.174
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.259
Total wt% H_2O_2	21.433

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

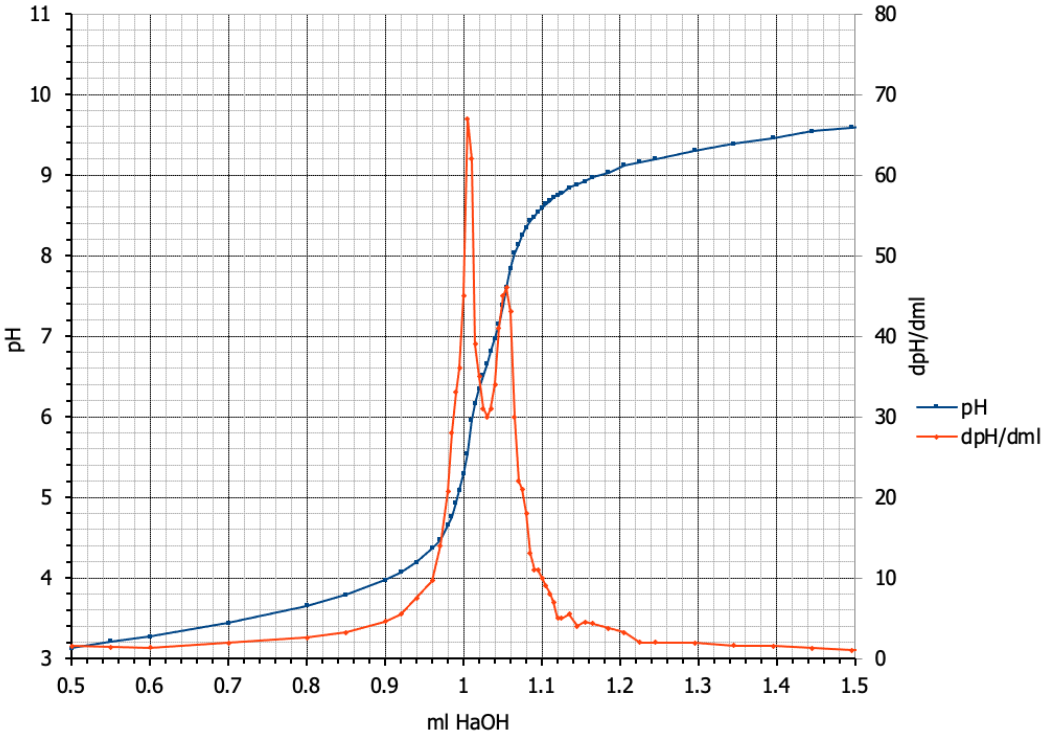
ตารางที่ ช.7 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.26	
0.100	2.45	1.90
0.200	2.64	1.90
0.300	2.83	1.65
0.400	2.97	1.67
0.450	3.06	1.60
0.500	3.13	1.50
0.550	3.21	1.40
0.600	3.27	1.37
0.700	3.44	1.90
0.800	3.65	2.57
0.850	3.79	3.20
0.900	3.97	4.60
0.920	4.07	5.50
0.940	4.19	7.50
0.960	4.37	9.67
0.970	4.47	14.00
0.980	4.65	20.67
0.985	4.76	28.00
0.990	4.93	33.00
0.995	5.09	36.00
1.000	5.29	45.00
1.005	5.54	67.00
1.010	5.96	62.00
1.015	6.16	39.00
1.020	6.35	35.00
1.025	6.51	31.00
1.030	6.66	30.00
1.035	6.81	31.00
1.040	6.97	34.00
1.045	7.15	41.00
1.050	7.38	45.00
1.055	7.60	46.00
1.060	7.84	43.00
1.065	8.03	30.00
1.070	8.14	22.00
1.075	8.25	21.00
1.080	8.35	18.00
1.085	8.43	13.00
1.090	8.48	11.00
1.095	8.54	11.00
1.100	8.59	10.00
1.105	8.64	9.00
1.110	8.68	8.00
1.115	8.72	7.00
1.120	8.75	5.00
1.125	8.77	5.00
1.135	8.84	5.50
1.145	8.88	4.00
1.155	8.92	4.50
1.165	8.97	4.33
1.185	9.03	3.75
1.205	9.12	3.25
1.225	9.16	2.00
1.245	9.20	2.00
1.295	9.30	1.90
1.345	9.39	1.60
1.395	9.46	1.50
1.445	9.54	1.30
1.495	9.59	1.00
1.595	9.69	1.00
1.695	9.79	0.85
1.795	9.86	0.70
1.895	9.93	0.65
1.995	9.99	0.60
2.095	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3095 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.8 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2162 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00112 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03802 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.587
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.107
Total wt% H_2O_2	17.694

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ช.8 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

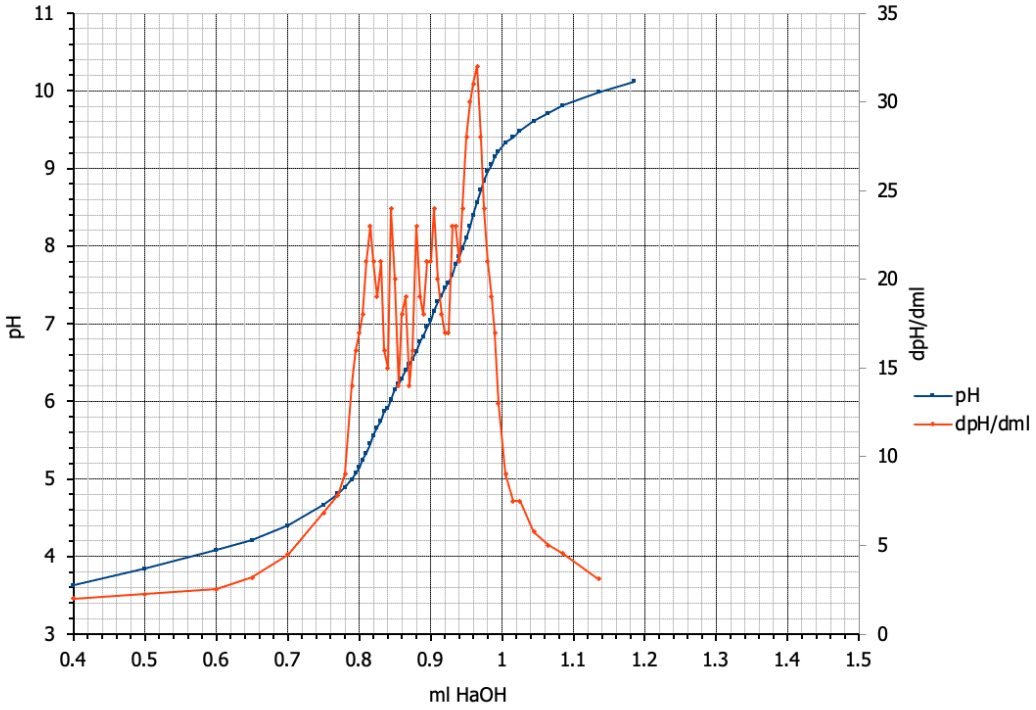
ml	pH	dpH/dml
0.000	2.21	
0.100	2.50	3.10
0.150	2.66	3.20
0.200	2.82	3.20
0.250	2.98	2.90
0.300	3.11	3.10
0.350	3.29	3.90
0.400	3.50	4.41
0.420	3.59	5.25
0.440	3.71	7.25
0.460	3.88	8.00
0.480	4.03	7.83
0.490	4.11	11.50
0.500	4.26	17.00
0.510	4.45	22.33
0.515	4.57	31.00
0.520	4.76	60.00
0.525	5.17	99.00
0.530	5.75	116.00
0.535	6.33	101.00
0.540	6.76	92.00
0.545	7.25	99.00
0.550	7.75	84.00
0.555	8.09	50.00
0.560	8.25	25.00
0.565	8.34	13.00
0.570	8.38	16.00
0.575	8.50	17.00

ml	pH	dpH/dml
0.580	8.55	11.00
0.585	8.61	13.33
0.595	8.77	10.50
0.605	8.82	4.50
0.615	8.86	4.83
0.635	8.99	4.50
0.655	9.04	2.50
0.675	9.09	2.76
0.725	9.26	3.10
0.775	9.40	2.20
0.825	9.48	1.63
0.925	9.65	1.50
1.025	9.78	1.10
1.125	9.87	0.90
1.225	9.96	0.85
1.325	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1184 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.9 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2245 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00200 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06804 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.308
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.104
Total wt% H_2O_2	32.412

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

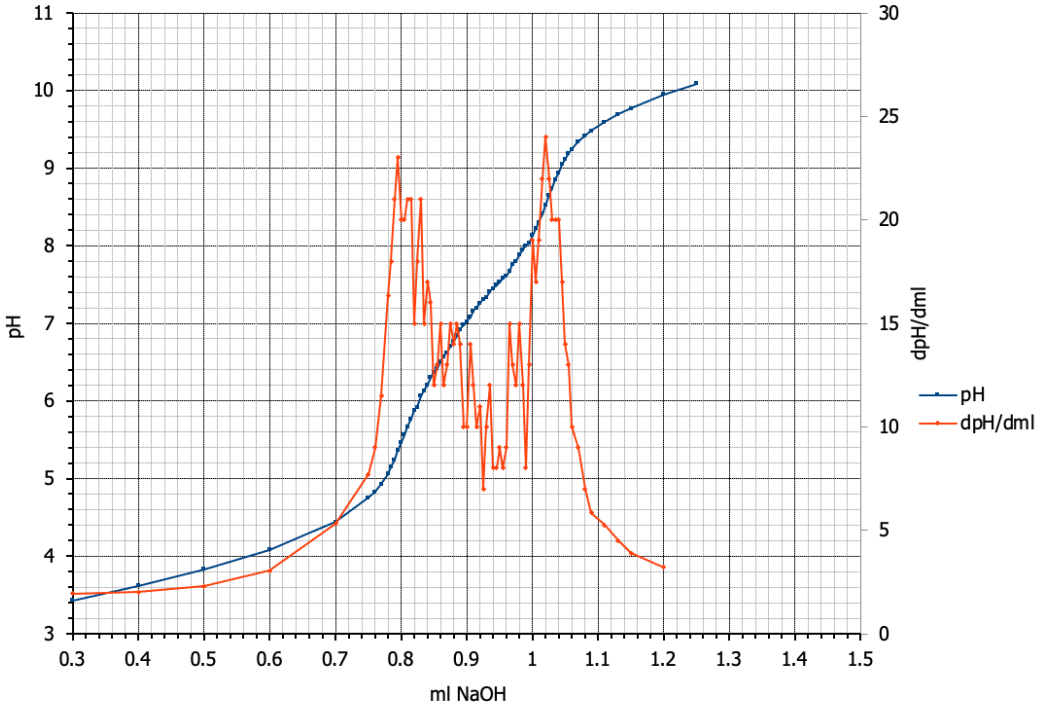
ตารางที่ ช.9 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.85	
0.100	3.05	2.00
0.200	3.25	1.95
0.300	3.44	1.90
0.400	3.63	2.00
0.500	3.84	2.25
0.600	4.08	2.53
0.650	4.21	3.20
0.700	4.40	4.50
0.750	4.66	6.84
0.770	4.81	7.83
0.780	4.89	9.00
0.790	4.99	14.00
0.795	5.07	16.00
0.800	5.15	17.00
0.805	5.24	18.00
0.810	5.33	21.00
0.815	5.45	23.00
0.820	5.56	21.00
0.825	5.66	19.00
0.830	5.75	21.00
0.835	5.87	16.00
0.840	5.91	15.00
0.845	6.02	24.00
0.850	6.15	20.00
0.855	6.22	14.00
0.860	6.29	18.00
0.865	6.40	19.00
0.870	6.48	14.00
0.875	6.54	16.00
0.880	6.64	23.00
0.885	6.77	19.00
0.890	6.83	18.00
0.895	6.95	21.00
0.900	7.04	21.00
0.905	7.16	24.00
0.910	7.28	20.00
0.915	7.36	18.00
0.920	7.46	17.00
0.925	7.53	17.00
0.930	7.63	23.00
0.935	7.76	23.00
0.940	7.86	21.00
0.945	7.97	24.00
0.950	8.10	28.00
0.955	8.25	30.00
0.960	8.40	31.00
0.965	8.56	32.00
0.970	8.72	28.00
0.975	8.84	24.00
0.980	8.96	21.00
0.985	9.05	19.00
0.990	9.15	17.00
0.995	9.22	13.00
1.005	9.33	9.00
1.015	9.40	7.50
1.025	9.48	7.50
1.045	9.61	5.75
1.065	9.71	5.00
1.085	9.81	4.54
1.135	9.98	3.10
1.185	10.12	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1304 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.10 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2188 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	26.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00189 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06434 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.407
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.865
Total wt% H_2O_2	32.273

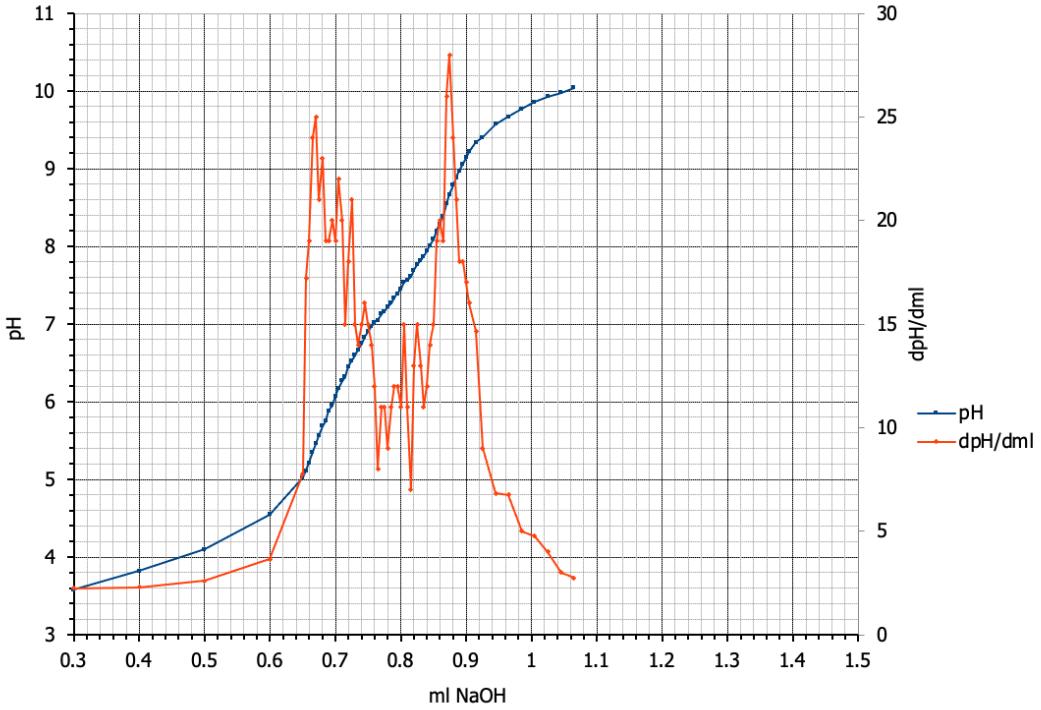
ตารางที่ ช.10 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.82	
0.100	3.03	2.05
0.200	3.23	2.00
0.300	3.43	1.95
0.400	3.62	2.00
0.500	3.83	2.30
0.600	4.08	3.05
0.700	4.44	5.33
0.750	4.75	7.70
0.760	4.83	9.00
0.770	4.93	11.50
0.780	5.06	16.33
0.785	5.15	18.00
0.790	5.24	21.00
0.795	5.36	23.00
0.800	5.47	20.00
0.805	5.56	20.00
0.810	5.67	21.00
0.815	5.77	21.00
0.820	5.88	15.00
0.825	5.92	18.00
0.830	6.06	21.00
0.835	6.13	15.00
0.840	6.21	17.00
0.845	6.30	16.00
0.850	6.37	12.00
0.855	6.42	13.00
0.860	6.50	15.00
0.865	6.57	12.00
0.870	6.62	13.00
0.875	6.70	15.00
0.880	6.77	14.00
0.885	6.84	15.00
0.890	6.92	14.00
0.895	6.98	10.00
0.900	7.02	10.00
0.905	7.08	14.00
0.910	7.16	12.00
0.915	7.20	10.00
0.920	7.26	11.00
0.925	7.31	7.00
0.930	7.33	10.00
0.935	7.41	12.00
0.940	7.45	8.00
0.945	7.49	8.00
0.950	7.53	9.00
0.955	7.58	8.00
0.960	7.61	9.00
0.965	7.67	15.00
0.970	7.76	13.00
0.975	7.80	12.00
0.980	7.88	15.00
0.985	7.95	12.00
0.990	8.00	8.00
0.995	8.03	13.00
1.000	8.13	19.00
1.005	8.22	17.00
1.010	8.30	19.00
1.015	8.41	22.00
1.020	8.52	24.00
1.025	8.65	22.00
1.030	8.74	20.00
1.035	8.85	20.00
1.040	8.94	20.00
1.045	9.05	17.00
1.050	9.11	14.00
1.055	9.19	13.00
1.060	9.24	10.00
1.070	9.34	9.00
1.080	9.42	7.00
1.090	9.48	5.83
1.110	9.59	5.25
1.130	9.69	4.50
1.150	9.77	3.89
1.200	9.95	3.20
1.250	10.09	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1147 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.11 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2189 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	26.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00188 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06410 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.281
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.968
Total wt% H_2O_2	32.249

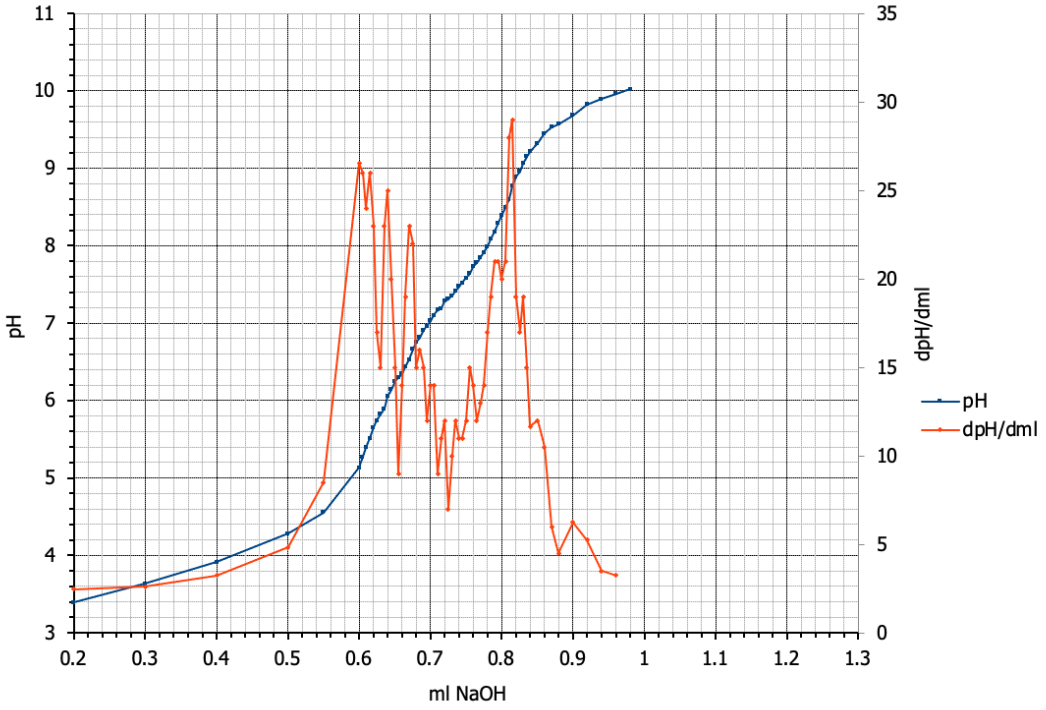
ตารางที่ ช.11 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.91	
0.100	3.13	2.25
0.200	3.36	2.25
0.300	3.58	2.30
0.400	3.82	2.60
0.500	4.10	3.65
0.600	4.55	7.77
0.650	5.02	17.22
0.655	5.11	19.00
0.660	5.21	24.00
0.665	5.35	25.00
0.670	5.46	21.00
0.675	5.56	23.00
0.680	5.69	19.00
0.685	5.75	19.00
0.690	5.88	20.00
0.695	5.95	19.00
0.700	6.07	22.00
0.705	6.17	20.00
0.710	6.27	15.00
0.715	6.32	18.00
0.720	6.45	21.00
0.725	6.53	15.00
0.730	6.60	14.00
0.735	6.67	15.00
0.740	6.75	16.00
0.745	6.83	15.00
0.750	6.90	14.00
0.755	6.97	12.00
0.760	7.02	8.00
0.765	7.05	11.00
0.770	7.13	11.00
0.775	7.16	9.00
0.780	7.22	11.00
0.785	7.27	12.00
0.790	7.34	12.00
0.795	7.39	11.00
0.800	7.45	15.00
0.805	7.54	11.00
0.810	7.56	7.00
0.815	7.61	13.00
0.820	7.69	15.00
0.825	7.76	13.00
0.830	7.82	11.00
0.835	7.87	12.00
0.840	7.94	14.00
0.845	8.01	15.00
0.850	8.09	19.00
0.855	8.20	20.00
0.860	8.29	19.00
0.865	8.39	26.00
0.870	8.55	28.00
0.875	8.67	24.00
0.880	8.79	21.00
0.885	8.88	18.00
0.890	8.97	18.00
0.895	9.06	17.00
0.900	9.14	16.00
0.905	9.22	14.67
0.915	9.34	9.00
0.925	9.40	6.83
0.945	9.57	6.75
0.965	9.67	5.00
0.985	9.77	4.75
1.005	9.86	4.00
1.025	9.93	3.00
1.045	9.98	2.75
1.065	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1037 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.12 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2022 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00170 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05769 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.530
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.443
Total wt% H_2O_2	31.973

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

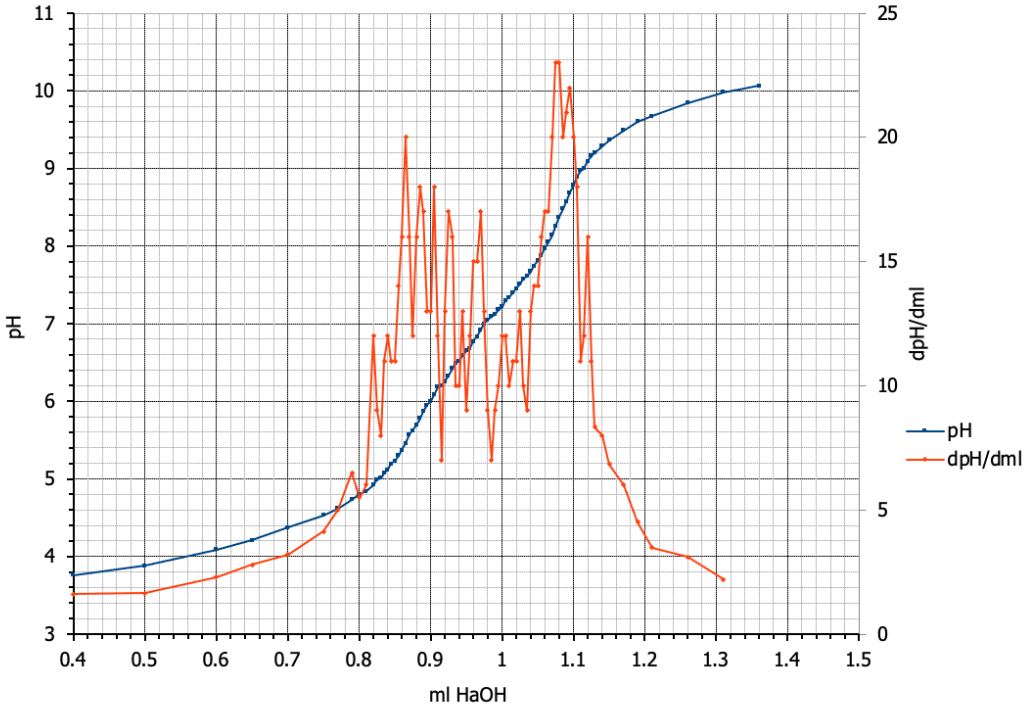
ตารางที่ ช.12 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.90	
0.100	3.14	2.45
0.200	3.39	2.45
0.300	3.63	2.60
0.400	3.91	3.25
0.500	4.28	4.83
0.550	4.55	8.50
0.600	5.13	26.51
0.605	5.27	26.00
0.610	5.39	24.00
0.615	5.51	26.00
0.620	5.65	23.00
0.625	5.74	17.00
0.630	5.82	15.00
0.635	5.89	23.00
0.640	6.05	25.00
0.645	6.14	20.00
0.650	6.25	15.00
0.655	6.29	9.00
0.660	6.34	14.00
0.665	6.43	19.00
0.670	6.53	23.00
0.675	6.66	22.00
0.680	6.75	15.00
0.685	6.81	16.00
0.690	6.91	15.00
0.695	6.96	12.00
0.700	7.03	14.00
0.705	7.10	14.00
0.710	7.17	9.00
0.715	7.19	11.00
0.720	7.28	12.00
0.725	7.31	7.00
0.730	7.35	10.00
0.735	7.41	12.00
0.740	7.47	11.00
0.745	7.52	11.00
0.750	7.58	12.00
0.755	7.64	15.00
0.760	7.73	14.00
0.765	7.78	12.00
0.770	7.85	13.00
0.775	7.91	14.00
0.780	7.99	17.00
0.785	8.08	19.00
0.790	8.18	21.00
0.795	8.29	21.00
0.800	8.39	20.00
0.805	8.49	21.00
0.810	8.60	28.00
0.815	8.77	29.00
0.820	8.89	19.00
0.825	8.96	17.00
0.830	9.06	19.00
0.835	9.15	15.00
0.840	9.21	11.67
0.850	9.32	12.00
0.860	9.45	10.50
0.870	9.53	6.00
0.880	9.57	4.50
0.900	9.68	6.25
0.920	9.82	5.25
0.940	9.89	3.50
0.960	9.96	3.25
0.980	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2255 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.13 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2238 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00145 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04930 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.031
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.565
Total wt% H_2O_2	23.596

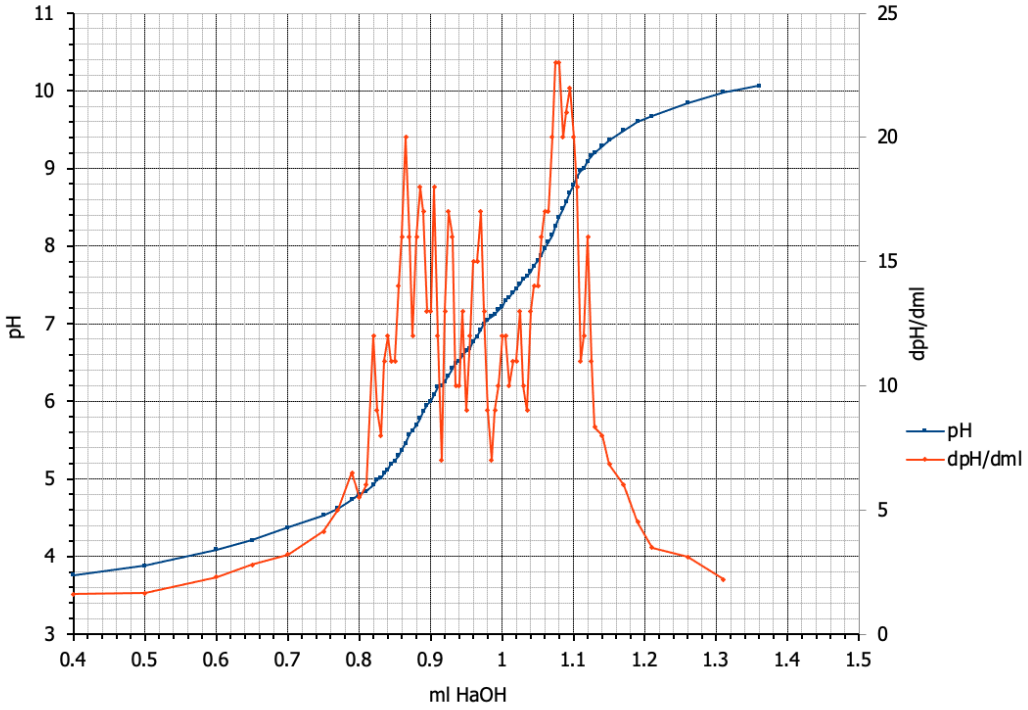
ตารางที่ ช.13 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.98		0.890	5.87	17.00	1.030	7.58	10.00
0.100	3.16	1.90	0.895	5.95	13.00	1.035	7.61	9.00
0.200	3.36	2.00	0.900	6.00	13.00	1.040	7.67	13.00
0.300	3.56	2.00	0.905	6.08	18.00	1.045	7.74	14.00
0.400	3.76	1.60	0.910	6.18	12.00	1.050	7.81	14.00
0.500	3.88	1.65	0.915	6.20	7.00	1.055	7.88	16.00
0.600	4.09	2.30	0.920	6.25	13.00	1.060	7.97	17.00
0.650	4.21	2.80	0.925	6.33	17.00	1.065	8.05	17.00
0.700	4.37	3.20	0.930	6.42	16.00	1.070	8.14	20.00
0.750	4.53	4.13	0.935	6.49	10.00	1.075	8.25	23.00
0.770	4.62	5.00	0.940	6.52	10.00	1.080	8.37	23.00
0.790	4.73	6.50	0.945	6.59	13.00	1.085	8.48	20.00
0.800	4.80	5.50	0.950	6.65	9.00	1.090	8.57	21.00
0.810	4.84	6.00	0.955	6.68	12.00	1.095	8.69	22.00
0.820	4.92	12.00	0.960	6.77	15.00	1.100	8.79	20.00
0.825	4.99	9.00	0.965	6.83	15.00	1.105	8.89	18.00
0.830	5.01	8.00	0.970	6.92	17.00	1.110	8.97	11.00
0.835	5.07	11.00	0.975	7.00	13.00	1.115	9.00	12.00
0.840	5.12	12.00	0.980	7.05	9.00	1.120	9.09	16.00
0.845	5.19	11.00	0.985	7.09	7.00	1.125	9.16	11.00
0.850	5.23	11.00	0.990	7.12	9.00	1.130	9.20	8.33
0.855	5.30	14.00	0.995	7.18	10.00	1.140	9.29	8.00
0.860	5.37	16.00	1.000	7.22	12.00	1.150	9.36	6.83
0.865	5.46	20.00	1.005	7.30	12.00	1.170	9.49	6.00
0.870	5.57	16.00	1.010	7.34	10.00	1.190	9.60	4.50
0.875	5.62	12.00	1.015	7.40	11.00	1.210	9.67	3.47
0.880	5.69	16.00	1.020	7.45	11.00	1.260	9.84	3.10
0.885	5.78	18.00	1.025	7.51	13.00	1.310	9.98	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3120 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.14 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2177 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00128 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04357 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.012
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.118
Total wt% H_2O_2	21.130

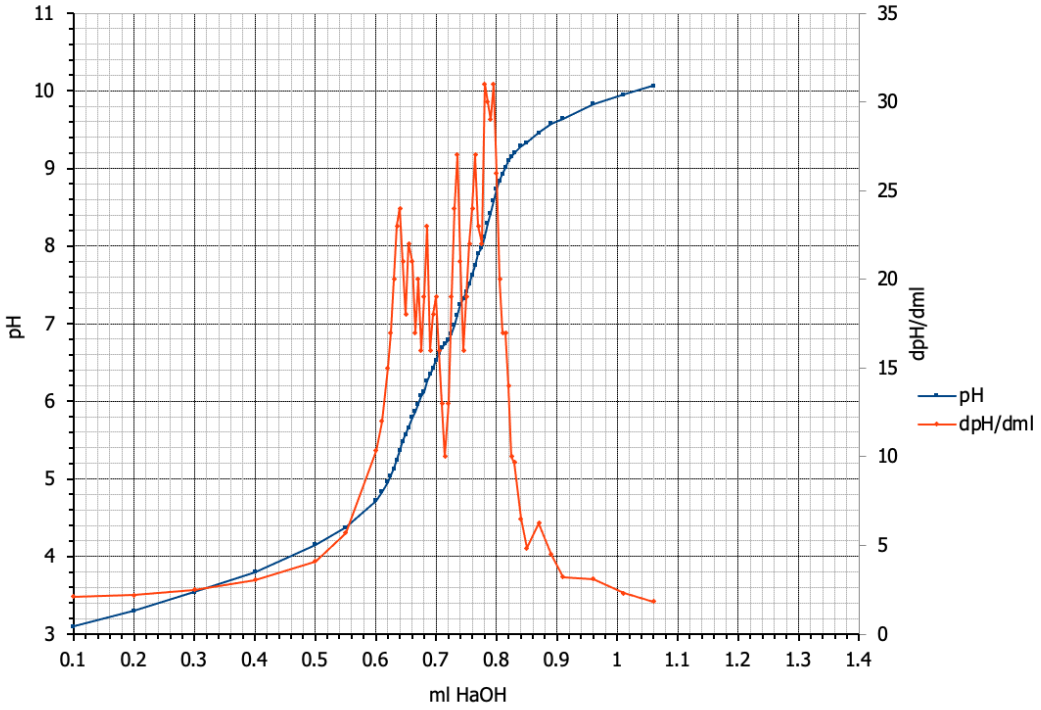
ตารางที่ ช.14 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.77	
0.100	2.95	1.80
0.200	3.13	1.80
0.300	3.31	1.80
0.400	3.49	1.85
0.500	3.68	1.80
0.600	3.85	2.05
0.700	4.09	2.90
0.800	4.43	4.60
0.850	4.69	7.20
0.870	4.85	8.67
0.880	4.94	9.67
0.885	4.99	13.00
0.890	5.07	14.00
0.895	5.13	11.00
0.900	5.18	11.00
0.905	5.24	15.00
0.910	5.33	17.00
0.915	5.41	16.00
0.920	5.49	15.00
0.925	5.56	12.00
0.930	5.61	17.00
0.935	5.73	18.00
0.940	5.79	9.00
0.945	5.82	13.00
0.950	5.92	21.00
0.955	6.03	19.00
0.960	6.11	16.00
0.965	6.19	10.00
0.970	6.21	9.00
0.975	6.28	16.00
0.980	6.37	14.00
0.985	6.42	12.00
0.990	6.49	12.00
0.995	6.54	9.00
1.000	6.58	8.00
1.005	6.62	10.00
1.010	6.68	12.00
1.015	6.74	13.00
1.020	6.81	11.00
1.025	6.85	12.00
1.030	6.93	16.00
1.035	7.01	12.00
1.040	7.05	9.00
1.045	7.10	12.00
1.050	7.17	14.00
1.055	7.24	15.00
1.060	7.32	15.00
1.065	7.39	14.00
1.070	7.46	12.00
1.075	7.51	14.00
1.080	7.60	16.00
1.085	7.67	15.00
1.090	7.75	15.00
1.095	7.82	18.00
1.100	7.93	20.00
1.105	8.02	19.00
1.110	8.12	19.00
1.115	8.21	23.00
1.120	8.35	25.00
1.125	8.46	20.00
1.130	8.55	20.00
1.135	8.66	21.00
1.140	8.76	18.00
1.145	8.84	15.00
1.150	8.91	14.00
1.155	8.98	15.00
1.160	9.06	11.00
1.165	9.09	7.00
1.170	9.13	8.33
1.180	9.22	8.00
1.190	9.29	6.83
1.210	9.42	6.00
1.230	9.53	4.25
1.250	9.59	3.17
1.300	9.77	3.10
1.350	9.90	2.40
1.400	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 5

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3696 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.15 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 5

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2251 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00114 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03870 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.191
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.629
Total wt% H_2O_2	17.812

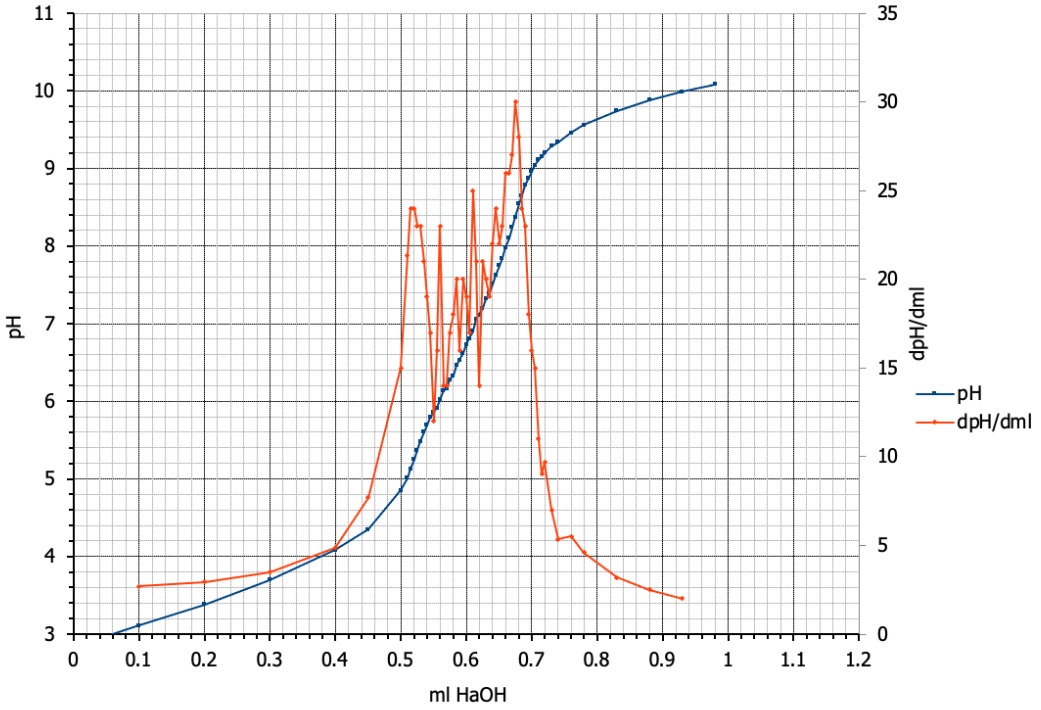
ตารางที่ ช.15 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 5

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.88	
0.100	3.10	2.10
0.200	3.30	2.20
0.300	3.54	2.50
0.400	3.80	3.05
0.500	4.15	4.10
0.550	4.37	5.70
0.600	4.72	10.33
0.610	4.83	12.00
0.620	4.96	15.00
0.625	5.04	17.00
0.630	5.13	20.00
0.635	5.24	23.00
0.640	5.36	24.00
0.645	5.48	21.00
0.650	5.57	18.00
0.655	5.66	22.00
0.660	5.79	21.00
0.665	5.87	17.00
0.670	5.96	20.00
0.675	6.07	16.00
0.680	6.12	19.00
0.685	6.26	23.00
0.690	6.35	16.00
0.695	6.42	18.00
0.700	6.53	19.00
0.705	6.61	16.00
0.710	6.69	13.00
0.715	6.74	10.00
0.720	6.79	13.00
0.725	6.87	19.00
0.730	6.98	24.00
0.735	7.11	27.00
0.740	7.25	21.00
0.745	7.32	16.00
0.750	7.41	19.00
0.755	7.51	22.00
0.760	7.63	24.00
0.765	7.75	27.00
0.770	7.90	23.00
0.775	7.98	22.00
0.780	8.12	31.00
0.785	8.29	30.00
0.790	8.42	29.00
0.795	8.58	31.00
0.800	8.73	26.00
0.805	8.84	20.00
0.810	8.93	17.00
0.815	9.01	17.00
0.820	9.10	14.00
0.825	9.15	10.00
0.830	9.20	9.67
0.840	9.29	6.50
0.850	9.33	4.83
0.870	9.46	6.25
0.890	9.58	4.50
0.910	9.64	3.23
0.960	9.83	3.10
1.010	9.95	2.30
1.060	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3716 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.16 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2196 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00106 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03613 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.455
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.704
Total wt% H_2O_2	17.158

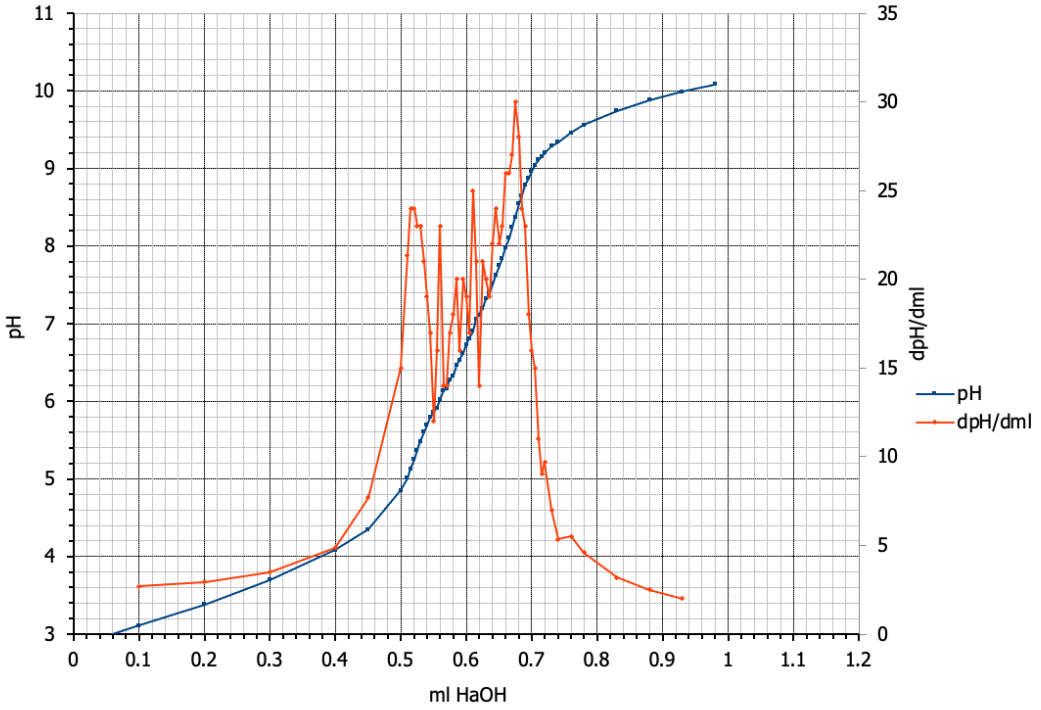
ตารางที่ ช.16 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.84	
0.100	3.11	2.70
0.200	3.38	2.95
0.300	3.70	3.50
0.400	4.08	4.87
0.450	4.35	7.70
0.500	4.85	15.00
0.510	5.01	21.33
0.515	5.13	24.00
0.520	5.25	24.00
0.525	5.37	23.00
0.530	5.48	23.00
0.535	5.60	21.00
0.540	5.69	19.00
0.545	5.79	17.00
0.550	5.86	12.00
0.555	5.91	16.00
0.560	6.02	23.00
0.565	6.14	14.00
0.570	6.16	14.00
0.575	6.28	17.00
0.580	6.33	18.00
0.585	6.46	20.00
0.590	6.53	16.00
0.595	6.62	20.00
0.600	6.73	19.00
0.605	6.81	17.00
0.610	6.90	25.00
0.615	7.06	21.00
0.620	7.11	14.00
0.625	7.20	21.00
0.630	7.32	20.00
0.635	7.40	19.00
0.640	7.51	22.00
0.645	7.62	24.00
0.650	7.75	22.00
0.655	7.84	23.00
0.660	7.98	26.00
0.665	8.10	26.00
0.670	8.24	27.00
0.675	8.37	30.00
0.680	8.54	28.00
0.685	8.65	24.00
0.690	8.78	23.00
0.695	8.88	18.00
0.700	8.96	16.00
0.705	9.04	15.00
0.710	9.11	11.00
0.715	9.15	9.00
0.720	9.20	9.67
0.730	9.29	7.00
0.740	9.34	5.33
0.760	9.46	5.50
0.780	9.56	4.60
0.830	9.74	3.20
0.880	9.88	2.50
0.930	9.99	2.00
0.980	10.08	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3675 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.17 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2376 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00112 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03792 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.963
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.497
Total wt% H_2O_2	16.460

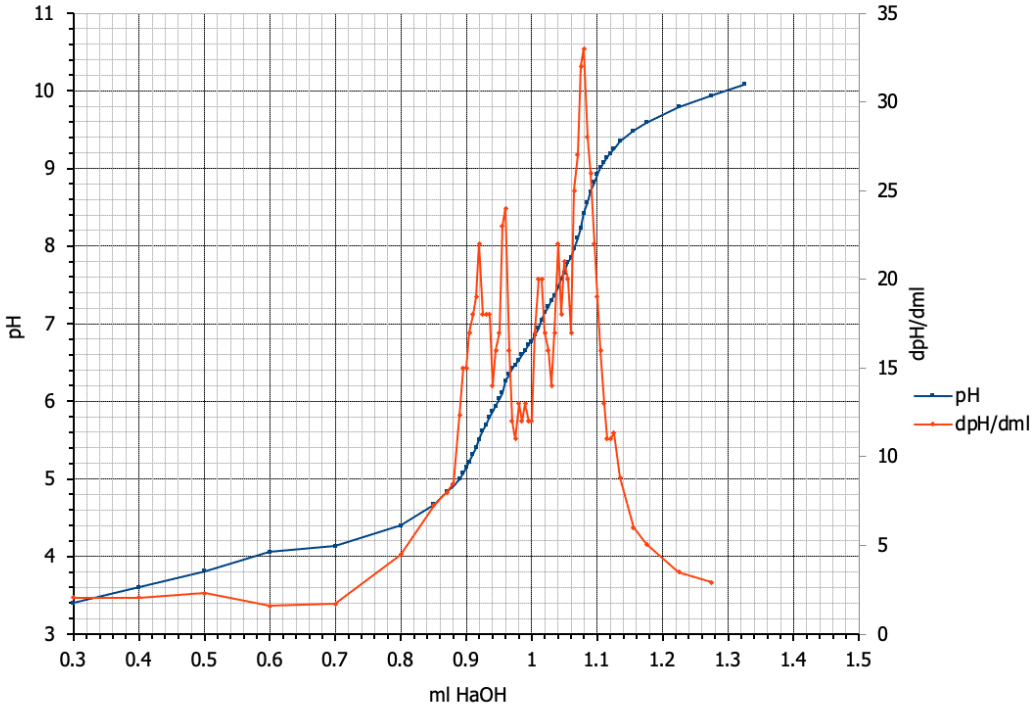
ตารางที่ ช.17 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.92	
0.100	3.20	2.90
0.200	3.50	3.20
0.300	3.84	4.10
0.400	4.32	7.60
0.450	4.77	14.00
0.460	4.92	19.67
0.465	5.03	24.00
0.470	5.16	28.00
0.475	5.31	31.00
0.480	5.47	28.00
0.485	5.59	27.00
0.490	5.74	28.00
0.495	5.87	21.00
0.500	5.95	21.00
0.505	6.08	20.00
0.510	6.15	19.00
0.515	6.27	21.00
0.520	6.36	19.00
0.525	6.46	16.00
0.530	6.52	17.00
0.535	6.63	19.00
0.540	6.71	21.00
0.545	6.84	25.00
0.550	6.96	27.00
0.555	7.11	33.00
0.560	7.29	25.00
0.565	7.36	25.00
0.570	7.54	33.00
0.575	7.69	36.00
0.580	7.90	45.00
0.585	8.14	48.00
0.590	8.38	45.00
0.595	8.59	38.00
0.600	8.76	31.00
0.605	8.90	23.00
0.610	8.99	17.00
0.615	9.07	16.00
0.620	9.15	14.00
0.625	9.21	9.00
0.630	9.24	7.00
0.640	9.33	7.50
0.650	9.39	6.33
0.670	9.53	5.75
0.690	9.62	4.30
0.740	9.81	3.30
0.790	9.95	2.50
0.840	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1233 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.18 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2365 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	28.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00207 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.07051 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.812
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.222
Total wt% H_2O_2	32.035

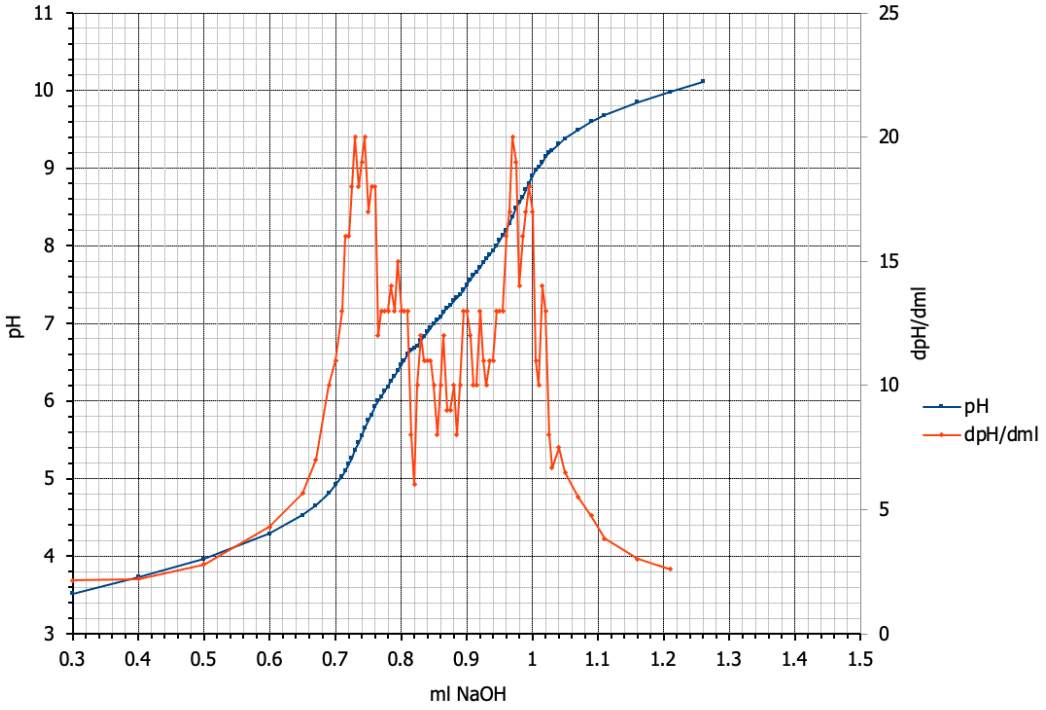
ตารางที่ ช.18 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.77	
0.100	2.98	2.10
0.200	3.19	2.10
0.300	3.40	2.05
0.400	3.60	2.05
0.500	3.81	2.30
0.600	4.06	1.60
0.700	4.13	1.70
0.800	4.40	4.50
0.850	4.67	7.26
0.870	4.83	8.00
0.880	4.91	8.50
0.890	5.00	12.33
0.895	5.07	15.00
0.900	5.15	15.00
0.905	5.22	17.00
0.910	5.32	18.00
0.915	5.40	19.00
0.920	5.51	22.00
0.925	5.62	18.00
0.930	5.69	18.00
0.935	5.80	18.00
0.940	5.87	14.00
0.945	5.94	16.00
0.950	6.03	17.00
0.955	6.11	23.00
0.960	6.26	24.00
0.965	6.35	16.00
0.970	6.42	12.00
0.975	6.47	11.00
0.980	6.53	13.00
0.985	6.60	12.00
0.990	6.65	13.00
0.995	6.73	12.00
1.000	6.77	12.00
1.005	6.85	17.00
1.010	6.94	20.00
1.015	7.05	20.00
1.020	7.14	17.00
1.025	7.22	16.00
1.030	7.30	14.00
1.035	7.36	17.00
1.040	7.47	22.00
1.045	7.58	18.00
1.050	7.65	21.00
1.055	7.79	20.00
1.060	7.85	17.00
1.065	7.96	25.00
1.070	8.10	27.00
1.075	8.23	32.00
1.080	8.42	33.00
1.085	8.56	28.00
1.090	8.70	26.00
1.095	8.82	22.00
1.100	8.92	19.00
1.105	9.01	16.00
1.110	9.08	13.00
1.115	9.14	11.00
1.120	9.19	11.00
1.125	9.25	11.33
1.135	9.35	8.83
1.155	9.48	6.00
1.175	9.59	5.07
1.225	9.79	3.50
1.275	9.94	2.90
1.325	10.08	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1207 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.19 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2381 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00202 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06853 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.784
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.096
Total wt% H_2O_2	31.879

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

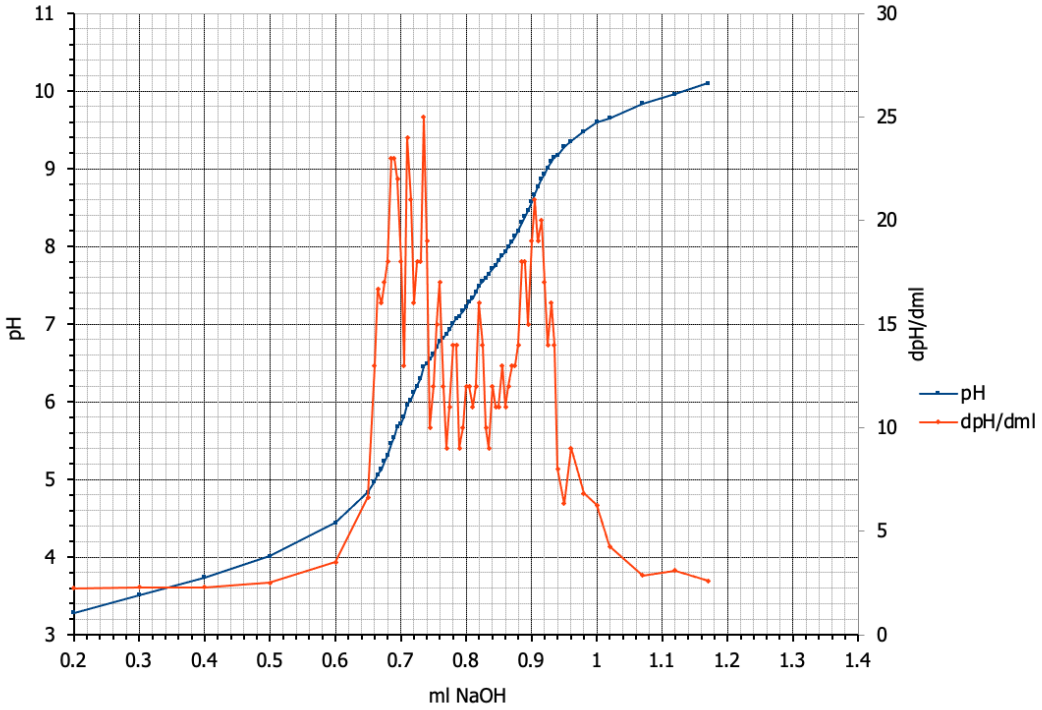
ตารางที่ ช.19 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.89		0.795	6.39	15.00	0.935	7.89	11.00
0.100	3.08	2.05	0.800	6.47	13.00	0.940	7.94	11.00
0.200	3.30	2.20	0.805	6.52	13.00	0.945	8.00	13.00
0.300	3.52	2.15	0.810	6.60	13.00	0.950	8.07	13.00
0.400	3.73	2.20	0.815	6.65	8.00	0.955	8.13	13.00
0.500	3.96	2.80	0.820	6.68	6.00	0.960	8.20	16.00
0.600	4.29	4.30	0.825	6.71	10.00	0.965	8.29	17.00
0.650	4.53	5.66	0.830	6.78	12.00	0.970	8.37	20.00
0.670	4.65	7.00	0.835	6.83	11.00	0.975	8.49	19.00
0.690	4.81	10.00	0.840	6.89	11.00	0.980	8.56	14.00
0.700	4.92	11.00	0.845	6.94	11.00	0.985	8.63	16.00
0.710	5.03	13.00	0.850	7.00	10.00	0.990	8.72	17.00
0.715	5.10	16.00	0.855	7.04	8.00	0.995	8.80	18.00
0.720	5.19	16.00	0.860	7.08	10.00	1.000	8.90	17.00
0.725	5.26	18.00	0.865	7.14	12.00	1.005	8.97	11.00
0.730	5.37	20.00	0.870	7.20	9.00	1.010	9.01	10.00
0.735	5.46	18.00	0.875	7.23	9.00	1.015	9.07	14.00
0.740	5.55	19.00	0.880	7.29	10.00	1.020	9.15	13.00
0.745	5.65	20.00	0.885	7.33	8.00	1.025	9.20	8.00
0.750	5.75	17.00	0.890	7.37	10.00	1.030	9.23	6.67
0.755	5.82	18.00	0.895	7.43	13.00	1.040	9.31	7.50
0.760	5.93	18.00	0.900	7.50	13.00	1.050	9.38	6.50
0.765	6.00	12.00	0.905	7.56	12.00	1.070	9.49	5.50
0.770	6.05	13.00	0.910	7.62	10.00	1.090	9.60	4.75
0.775	6.13	13.00	0.915	7.66	10.00	1.110	9.68	3.83
0.780	6.18	13.00	0.920	7.72	13.00	1.160	9.85	3.00
0.785	6.26	14.00	0.925	7.79	11.00	1.210	9.98	2.60
0.790	6.32	13.00	0.930	7.83	10.00	1.260	10.11	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1186 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.20 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2188 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00185 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06286 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.731
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.730
Total wt% H_2O_2	31.462

ตารางที่ ช.20 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.83	
0.100	3.05	2.25
0.200	3.28	2.30
0.300	3.51	2.30
0.400	3.74	2.50
0.500	4.01	3.50
0.600	4.44	6.63
0.650	4.83	12.97
0.660	4.97	16.67
0.665	5.06	16.00
0.670	5.13	17.00
0.675	5.23	18.00
0.680	5.31	23.00
0.685	5.46	23.00
0.690	5.54	22.00
0.695	5.68	18.00
0.700	5.72	13.00
0.705	5.81	24.00
0.710	5.96	21.00
0.715	6.02	16.00
0.720	6.12	18.00
0.725	6.20	18.00
0.730	6.30	25.00
0.735	6.45	19.00
0.740	6.49	10.00
0.745	6.55	12.00
0.750	6.61	15.00
0.755	6.70	17.00

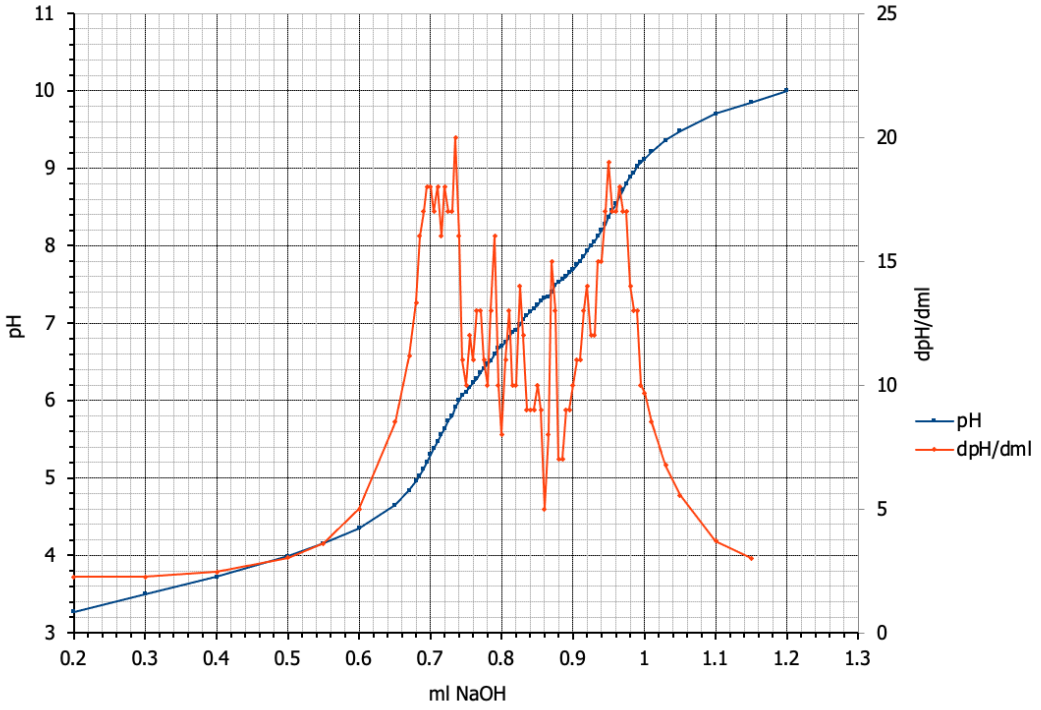
ml	pH	dpH/dml
0.760	6.78	12.00
0.765	6.82	9.00
0.770	6.87	11.00
0.775	6.93	14.00
0.780	7.01	14.00
0.785	7.07	9.00
0.790	7.10	10.00
0.795	7.17	12.00
0.800	7.22	12.00
0.805	7.29	11.00
0.810	7.33	12.00
0.815	7.41	16.00
0.820	7.49	14.00
0.825	7.55	10.00
0.830	7.59	9.00
0.835	7.64	12.00
0.840	7.71	11.00
0.845	7.75	11.00
0.850	7.82	13.00
0.855	7.88	11.00
0.860	7.93	12.00
0.865	8.00	13.00
0.870	8.06	13.00
0.875	8.13	14.00
0.880	8.20	18.00
0.885	8.31	18.00
0.890	8.38	15.00
0.895	8.46	19.00

ml	pH	dpH/dml
0.900	8.57	21.00
0.905	8.67	19.00
0.910	8.76	20.00
0.915	8.87	17.00
0.920	8.93	14.00
0.925	9.01	16.00
0.930	9.09	14.00
0.935	9.15	8.00
0.940	9.17	6.33
0.950	9.28	9.00
0.960	9.35	6.83
0.980	9.48	6.25
1.000	9.60	4.25
1.020	9.65	2.87
1.070	9.84	3.10
1.120	9.96	2.60
1.170	10.10	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1256 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.21 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2175 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	24.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00180 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06114 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.110
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.041
Total wt% H_2O_2	31.151

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

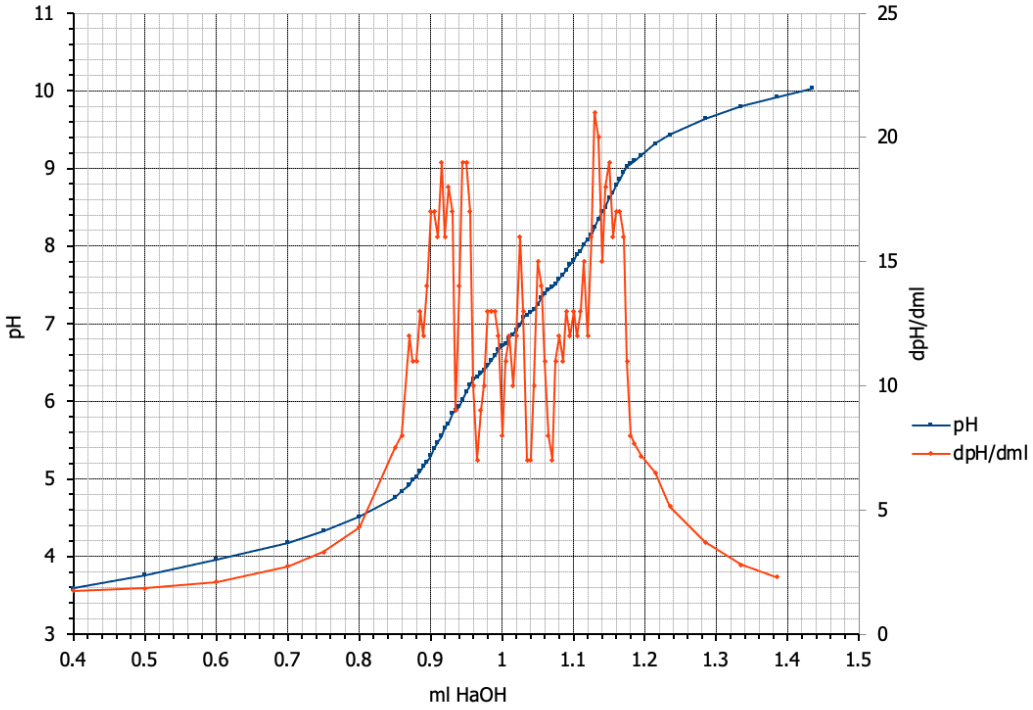
ตารางที่ ช.21 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.81	
0.100	3.05	2.30
0.200	3.27	2.25
0.300	3.50	2.25
0.400	3.72	2.45
0.500	3.99	3.03
0.550	4.15	3.60
0.600	4.35	5.00
0.650	4.65	8.50
0.670	4.84	11.17
0.680	4.96	13.33
0.685	5.03	16.00
0.690	5.12	17.00
0.695	5.20	18.00
0.700	5.30	18.00
0.705	5.38	17.00
0.710	5.47	18.00
0.715	5.56	16.00
0.720	5.63	18.00
0.725	5.74	17.00
0.730	5.80	17.00
0.735	5.91	20.00
0.740	6.00	16.00
0.745	6.07	11.00
0.750	6.11	10.00
0.755	6.17	12.00
0.760	6.23	11.00
0.765	6.28	13.00
0.770	6.36	13.00
0.775	6.41	11.00
0.780	6.47	10.00
0.785	6.51	13.00
0.790	6.60	16.00
0.795	6.67	10.00
0.800	6.70	8.00
0.805	6.75	11.00
0.810	6.81	13.00
0.815	6.88	10.00
0.820	6.91	10.00
0.825	6.98	14.00
0.830	7.05	12.00
0.835	7.10	9.00
0.840	7.14	9.00
0.845	7.19	9.00
0.850	7.23	10.00
0.855	7.29	9.00
0.860	7.32	5.00
0.865	7.34	8.00
0.870	7.40	15.00
0.875	7.49	13.00
0.880	7.53	7.00
0.885	7.56	7.00
0.890	7.60	9.00
0.895	7.65	9.00
0.900	7.69	10.00
0.905	7.75	11.00
0.910	7.80	11.00
0.915	7.86	13.00
0.920	7.93	14.00
0.925	8.00	12.00
0.930	8.05	12.00
0.935	8.12	15.00
0.940	8.20	15.00
0.945	8.27	17.00
0.950	8.37	19.00
0.955	8.46	17.00
0.960	8.54	17.00
0.965	8.63	18.00
0.970	8.72	17.00
0.975	8.80	17.00
0.980	8.89	14.00
0.985	8.94	13.00
0.990	9.02	13.00
0.995	9.07	10.00
1.000	9.12	9.67
1.010	9.21	8.50
1.030	9.36	6.75
1.050	9.48	5.54
1.100	9.70	3.70
1.150	9.85	3.00
1.200	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2207 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.22 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2287 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00155 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05276 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.068
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.618
Total wt% H_2O_2	24.686

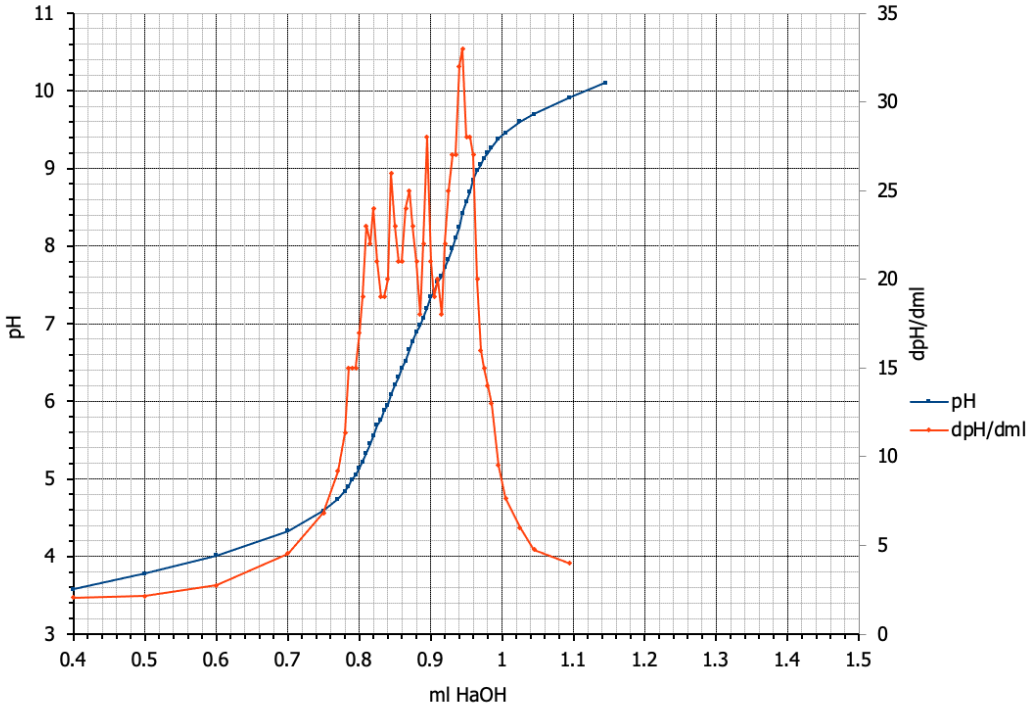
ตารางที่ ช.22 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.85	
0.100	3.03	1.80
0.200	3.21	1.90
0.300	3.41	1.90
0.400	3.59	1.75
0.500	3.76	1.85
0.600	3.96	2.10
0.700	4.18	2.73
0.750	4.33	3.30
0.800	4.51	4.30
0.850	4.76	7.50
0.860	4.84	8.00
0.870	4.92	12.00
0.875	4.99	11.00
0.880	5.03	11.00
0.885	5.10	13.00
0.890	5.16	12.00
0.895	5.22	14.00
0.900	5.30	17.00
0.905	5.39	17.00
0.910	5.47	16.00
0.915	5.55	19.00
0.920	5.66	16.00
0.925	5.71	18.00
0.930	5.84	17.00
0.935	5.88	9.00
0.940	5.93	14.00
0.945	6.02	19.00
0.950	6.12	19.00
0.955	6.21	17.00
0.960	6.29	10.00
0.965	6.31	7.00
0.970	6.36	9.00
0.975	6.40	10.00
0.980	6.46	13.00
0.985	6.53	13.00
0.990	6.59	13.00
0.995	6.66	12.00
1.000	6.71	8.00
1.005	6.74	11.00
1.010	6.82	12.00
1.015	6.86	10.00
1.020	6.92	12.00
1.025	6.98	16.00
1.030	7.08	13.00
1.035	7.11	7.00
1.040	7.15	7.00
1.045	7.18	10.00
1.050	7.25	15.00
1.055	7.33	14.00
1.060	7.39	11.00
1.065	7.44	8.00
1.070	7.47	7.00
1.075	7.51	11.00
1.080	7.58	12.00
1.085	7.63	11.00
1.090	7.69	13.00
1.095	7.76	12.00
1.100	7.81	13.00
1.105	7.89	12.00
1.110	7.93	13.00
1.115	8.02	15.00
1.120	8.08	12.00
1.125	8.14	16.00
1.130	8.24	21.00
1.135	8.35	20.00
1.140	8.44	15.00
1.145	8.50	18.00
1.150	8.62	19.00
1.155	8.69	16.00
1.160	8.78	17.00
1.165	8.86	17.00
1.170	8.95	16.00
1.175	9.02	11.00
1.180	9.06	8.00
1.185	9.10	7.67
1.195	9.17	7.17
1.215	9.32	6.50
1.235	9.43	5.13
1.285	9.64	3.70
1.335	9.80	2.80
1.385	9.92	2.30
1.435	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2158 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.23 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2110 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00120 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04092 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.394
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.962
Total wt% H_2O_2	20.357

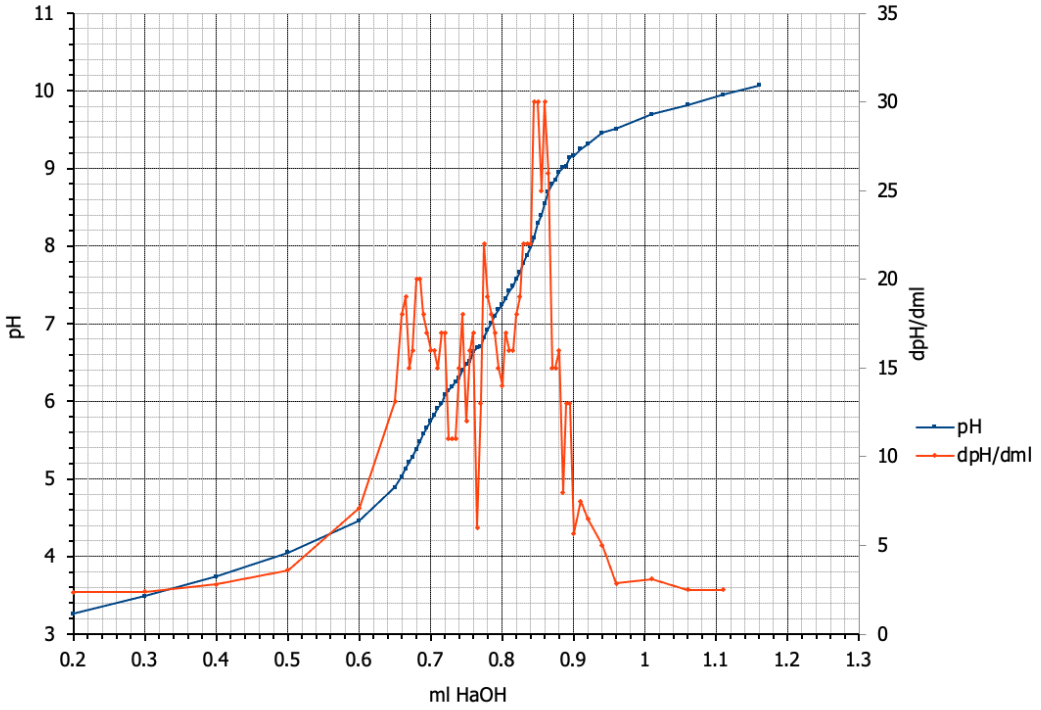
ตารางที่ ช.23 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.80	
0.100	2.98	1.85
0.200	3.17	1.95
0.300	3.37	2.05
0.400	3.58	2.05
0.500	3.78	2.15
0.600	4.01	2.75
0.700	4.33	4.53
0.750	4.59	6.84
0.770	4.74	9.17
0.780	4.84	11.33
0.785	4.90	15.00
0.790	4.99	15.00
0.795	5.05	15.00
0.800	5.14	17.00
0.805	5.22	19.00
0.810	5.33	23.00
0.815	5.45	22.00
0.820	5.55	24.00
0.825	5.69	21.00
0.830	5.76	19.00
0.835	5.88	19.00
0.840	5.95	20.00
0.845	6.08	26.00
0.850	6.21	23.00
0.855	6.31	21.00
0.860	6.42	21.00
0.865	6.52	24.00
0.870	6.66	25.00
0.875	6.77	23.00
0.880	6.89	21.00
0.885	6.98	18.00
0.890	7.07	22.00
0.895	7.20	28.00
0.900	7.35	21.00
0.905	7.41	19.00
0.910	7.54	20.00
0.915	7.61	18.00
0.920	7.72	22.00
0.925	7.83	25.00
0.930	7.97	27.00
0.935	8.10	27.00
0.940	8.24	32.00
0.945	8.42	33.00
0.950	8.57	28.00
0.955	8.70	28.00
0.960	8.85	27.00
0.965	8.97	20.00
0.970	9.05	16.00
0.975	9.13	15.00
0.980	9.20	14.00
0.985	9.27	13.00
0.995	9.38	9.50
1.005	9.46	7.67
1.025	9.60	6.00
1.045	9.70	4.77
1.095	9.91	4.00
1.145	10.10	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2617 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.24 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2192 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00123 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04183 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.081
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.047
Total wt% H_2O_2	20.128

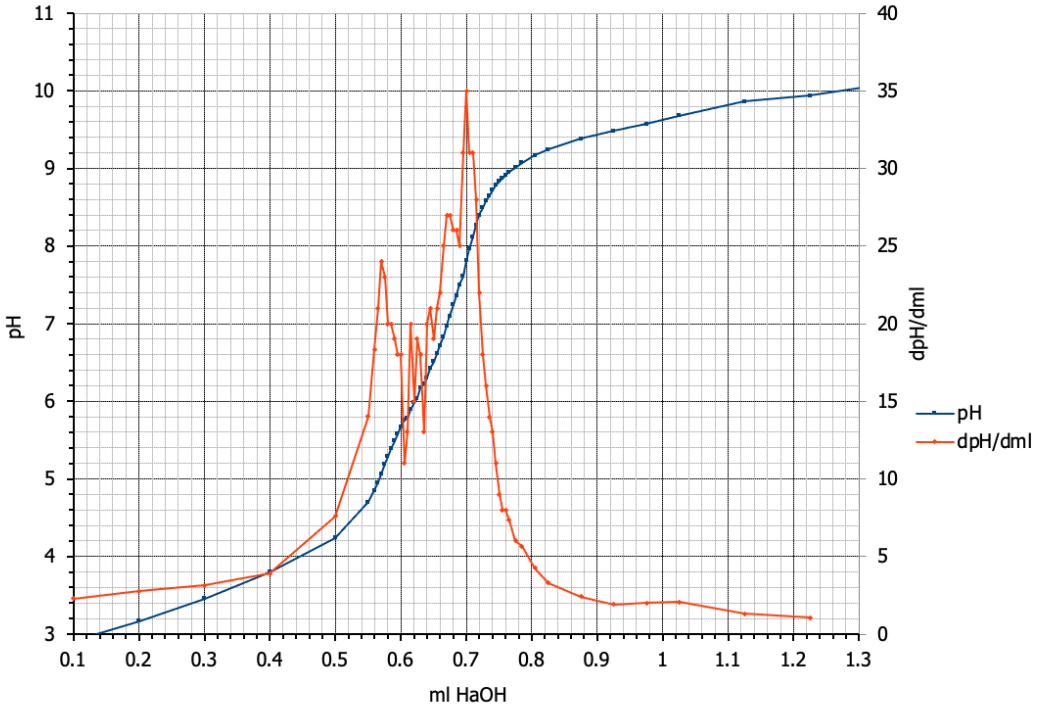
ตารางที่ ช.24 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.80	
0.100	3.02	2.30
0.200	3.26	2.35
0.300	3.49	2.40
0.400	3.74	2.80
0.500	4.05	3.60
0.600	4.46	7.10
0.650	4.89	13.10
0.660	5.03	18.00
0.665	5.13	19.00
0.670	5.22	15.00
0.675	5.28	16.00
0.680	5.38	20.00
0.685	5.48	20.00
0.690	5.58	18.00
0.695	5.66	17.00
0.700	5.75	16.00
0.705	5.82	16.00
0.710	5.91	15.00
0.715	5.97	17.00
0.720	6.08	17.00
0.725	6.14	11.00
0.730	6.19	11.00
0.735	6.25	11.00
0.740	6.30	15.00
0.745	6.40	18.00
0.750	6.48	12.00
0.755	6.52	16.00
0.760	6.64	17.00
0.765	6.69	6.00
0.770	6.70	13.00
0.775	6.82	22.00
0.780	6.92	19.00
0.785	7.01	18.00
0.790	7.10	17.00
0.795	7.18	15.00
0.800	7.25	14.00
0.805	7.32	17.00
0.810	7.42	16.00
0.815	7.48	16.00
0.820	7.58	18.00
0.825	7.66	19.00
0.830	7.77	22.00
0.835	7.88	22.00
0.840	7.99	22.00
0.845	8.10	30.00
0.850	8.29	30.00
0.855	8.40	25.00
0.860	8.54	30.00
0.865	8.70	26.00
0.870	8.80	15.00
0.875	8.85	15.00
0.880	8.95	16.00
0.885	9.01	8.00
0.890	9.03	13.00
0.895	9.14	13.00
0.900	9.16	5.67
0.910	9.25	7.50
0.920	9.31	6.50
0.940	9.46	5.00
0.960	9.51	2.87
1.010	9.70	3.10
1.060	9.82	2.50
1.110	9.95	2.50
1.160	10.07	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 2 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3710 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.25 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2165 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	13.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00102 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03477 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.060
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.582
Total wt% H_2O_2	16.642

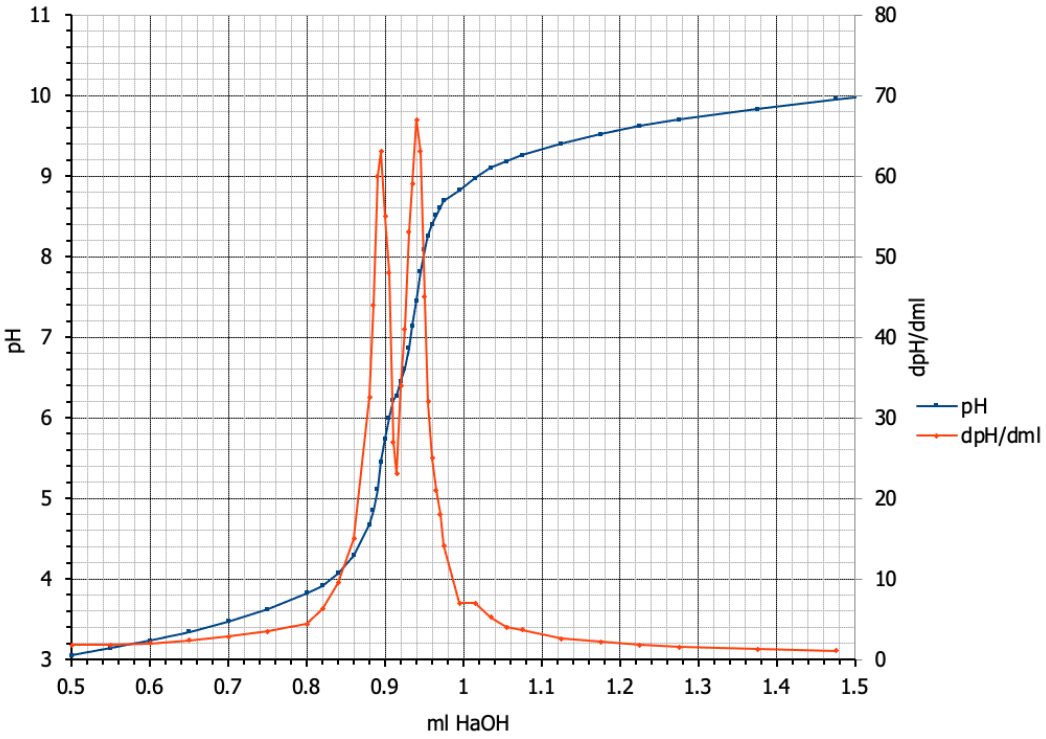
ตารางที่ ช.25 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.71	
0.100	2.91	2.30
0.200	3.17	2.75
0.300	3.46	3.15
0.400	3.80	3.90
0.500	4.24	7.60
0.550	4.70	14.03
0.560	4.85	18.33
0.565	4.95	21.00
0.570	5.06	24.00
0.575	5.19	23.00
0.580	5.29	20.00
0.585	5.39	20.00
0.590	5.49	19.00
0.595	5.58	18.00
0.600	5.67	18.00
0.605	5.76	11.00
0.610	5.78	13.00
0.615	5.89	20.00
0.620	5.98	15.00
0.625	6.04	19.00
0.630	6.17	18.00
0.635	6.22	13.00
0.640	6.30	20.00
0.645	6.42	21.00
0.650	6.51	19.00
0.655	6.61	21.00
0.660	6.72	22.00
0.665	6.83	25.00
0.670	6.97	27.00
0.675	7.10	27.00
0.680	7.24	26.00
0.685	7.36	26.00
0.690	7.50	25.00
0.695	7.61	31.00
0.700	7.81	35.00
0.705	7.96	31.00
0.710	8.12	31.00
0.715	8.27	28.00
0.720	8.40	22.00
0.725	8.49	18.00
0.730	8.58	16.00
0.735	8.65	14.00
0.740	8.72	13.00
0.745	8.78	11.00
0.750	8.83	9.00
0.755	8.87	8.00
0.760	8.91	8.00
0.765	8.95	7.33
0.775	9.01	6.00
0.785	9.07	5.67
0.805	9.17	4.25
0.825	9.24	3.30
0.875	9.38	2.40
0.925	9.48	1.90
0.975	9.57	2.00
1.025	9.68	2.07
1.125	9.86	1.30
1.225	9.94	1.05
1.325	10.07	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1055 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.26 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2354 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	30.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00221 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.07532 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.995
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.708
Total wt% H_2O_2	32.703

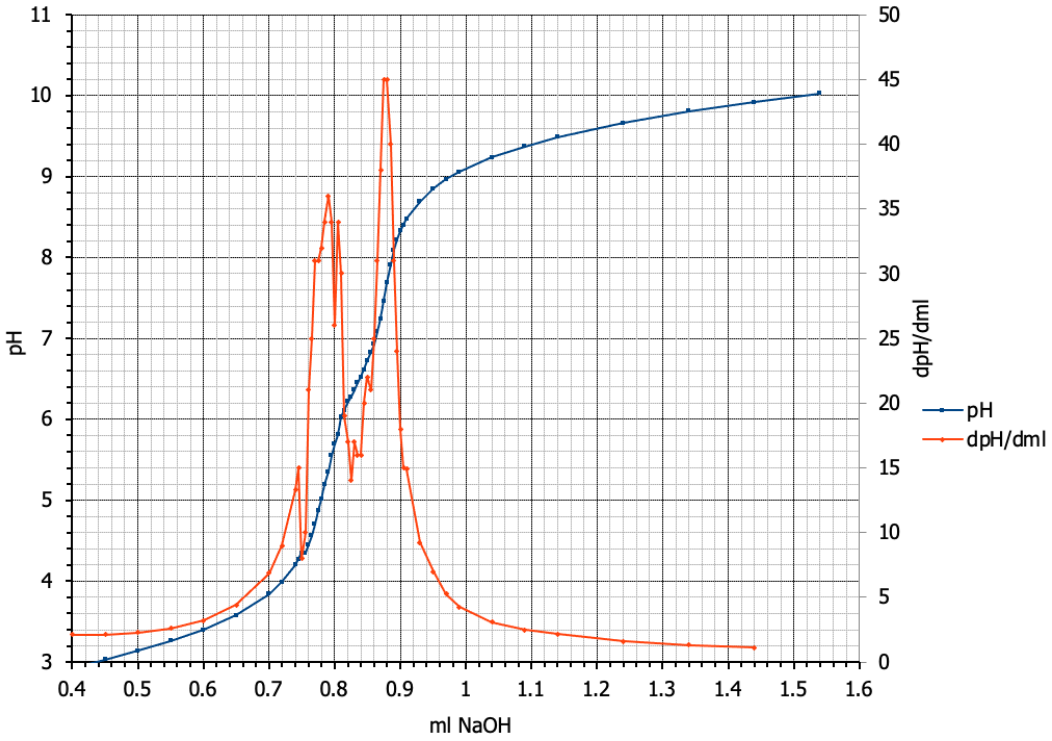
ตารางที่ ช.26 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.10	
0.050	2.21	2.20
0.100	2.32	2.00
0.150	2.41	1.90
0.200	2.51	2.00
0.250	2.61	1.90
0.300	2.70	1.70
0.350	2.78	1.80
0.400	2.88	1.80
0.450	2.96	1.70
0.500	3.05	1.80
0.550	3.14	1.80
0.600	3.23	2.00
0.650	3.34	2.40
0.700	3.47	2.80
0.750	3.62	3.50
0.800	3.82	4.36
0.820	3.91	6.25
0.840	4.07	9.50
0.860	4.29	15.00
0.880	4.67	32.60
0.885	4.85	44.00
0.890	5.11	60.00
0.895	5.45	63.00
0.900	5.74	55.00
0.905	6.00	48.00
0.910	6.22	27.00
0.915	6.27	23.00
0.920	6.45	34.00
0.925	6.61	41.00
0.930	6.86	53.00
0.935	7.14	59.00
0.940	7.45	67.00
0.945	7.81	63.00
0.950	8.08	45.00
0.955	8.26	32.00
0.960	8.40	25.00
0.965	8.51	21.00
0.970	8.61	18.00
0.975	8.69	14.10
0.995	8.82	7.00
1.015	8.97	7.00
1.035	9.10	5.25
1.055	9.18	4.00
1.075	9.26	3.66
1.125	9.40	2.60
1.175	9.52	2.20
1.225	9.62	1.80
1.275	9.70	1.50
1.375	9.83	1.25
1.475	9.95	1.10
1.575	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1070 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.27 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2165 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00199 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06776 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.298
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.380
Total wt% H_2O_2	32.656

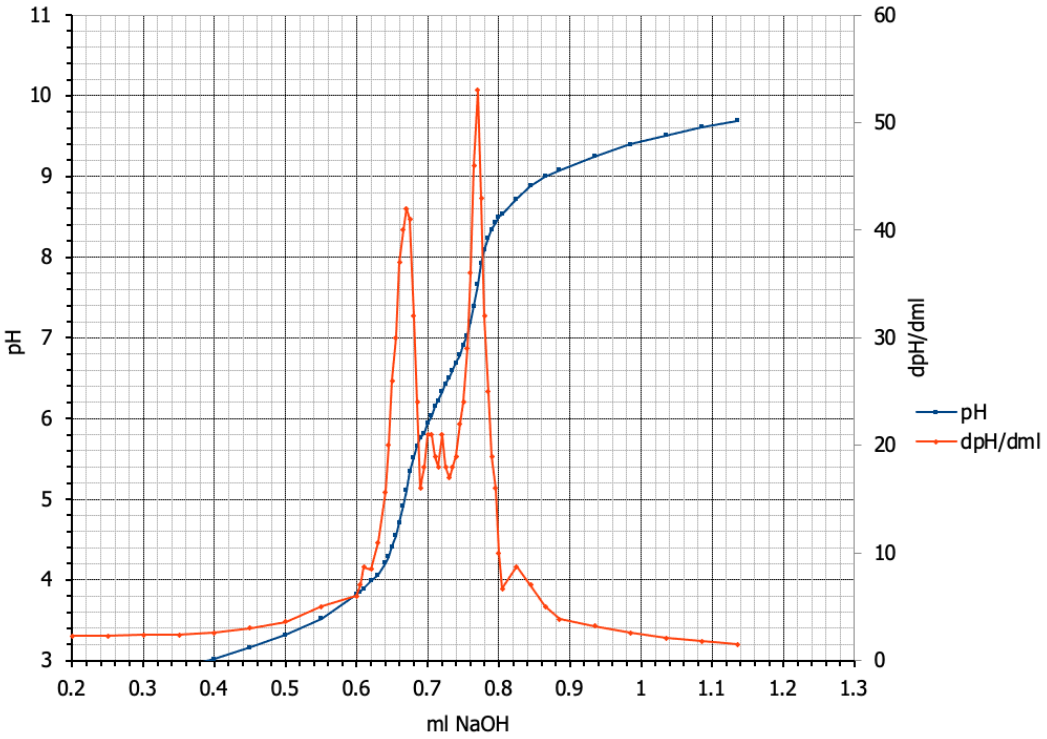
ตารางที่ ช.27 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.08	
0.100	2.30	2.10
0.200	2.50	2.10
0.300	2.72	2.07
0.350	2.82	2.10
0.400	2.93	2.10
0.450	3.03	2.10
0.500	3.14	2.30
0.550	3.26	2.60
0.600	3.40	3.20
0.650	3.58	4.40
0.700	3.84	6.84
0.720	3.99	9.00
0.740	4.20	13.30
0.745	4.27	15.00
0.750	4.35	8.00
0.755	4.35	10.00
0.760	4.45	21.00
0.765	4.56	25.00
0.770	4.70	31.00
0.775	4.87	31.00
0.780	5.01	32.00
0.785	5.19	34.00
0.790	5.35	36.00
0.795	5.55	34.00
0.800	5.69	26.00
0.805	5.81	34.00
0.810	6.03	30.00
0.815	6.11	19.00
0.820	6.22	17.00
0.825	6.28	14.00
0.830	6.36	17.00
0.835	6.45	16.00
0.840	6.52	16.00
0.845	6.61	20.00
0.850	6.72	22.00
0.855	6.83	21.00
0.860	6.93	25.00
0.865	7.08	31.00
0.870	7.24	38.00
0.875	7.46	45.00
0.880	7.69	45.00
0.885	7.91	40.00
0.890	8.09	31.00
0.895	8.22	24.00
0.900	8.33	18.00
0.905	8.40	15.00
0.910	8.48	14.90
0.930	8.69	9.25
0.950	8.85	7.00
0.970	8.97	5.25
0.990	9.06	4.24
1.040	9.24	3.10
1.090	9.37	2.50
1.140	9.49	2.17
1.240	9.66	1.60
1.340	9.81	1.30
1.440	9.92	1.10
1.540	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0944 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.28 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2818 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	35.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00254 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.08653 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.705
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.759
Total wt% H_2O_2	32.464

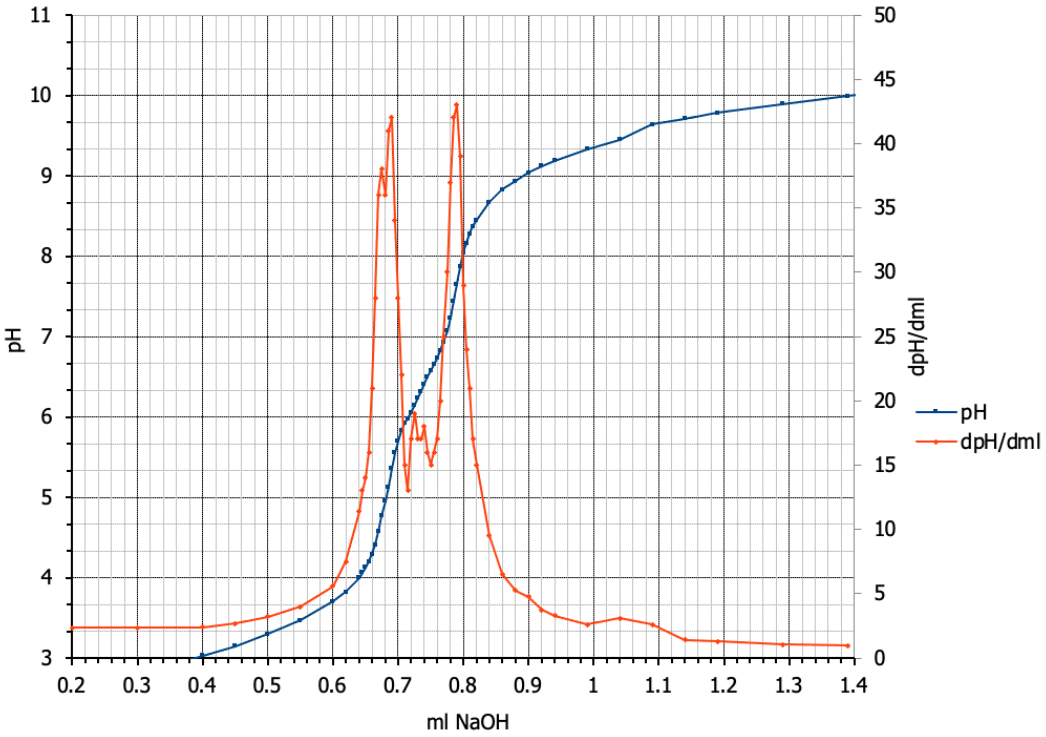
ตารางที่ ช.28 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.08	
0.100	2.31	2.35
0.200	2.55	2.27
0.250	2.66	2.30
0.300	2.78	2.40
0.350	2.90	2.40
0.400	3.02	2.60
0.450	3.16	3.00
0.500	3.32	3.60
0.550	3.52	5.00
0.600	3.82	6.00
0.605	3.85	7.00
0.610	3.89	8.67
0.620	3.99	8.50
0.630	4.06	11.00
0.640	4.21	15.67
0.645	4.29	20.00
0.650	4.41	26.00
0.655	4.55	30.00
0.660	4.71	37.00
0.665	4.92	40.00
0.670	5.11	42.00
0.675	5.34	41.00
0.680	5.52	32.00
0.685	5.66	24.00
0.690	5.76	16.00
0.695	5.82	18.00
0.700	5.94	21.00
0.705	6.03	21.00
0.710	6.15	19.00
0.715	6.22	18.00
0.720	6.33	21.00
0.725	6.43	18.00
0.730	6.51	17.00
0.735	6.60	18.00
0.740	6.69	19.00
0.745	6.79	22.00
0.750	6.91	24.00
0.755	7.03	29.00
0.760	7.20	36.00
0.765	7.39	46.00
0.770	7.66	53.00
0.775	7.92	43.00
0.780	8.09	32.00
0.785	8.24	25.00
0.790	8.34	19.00
0.795	8.43	16.00
0.800	8.50	10.00
0.805	8.53	6.70
0.825	8.72	8.75
0.845	8.88	7.00
0.865	9.00	5.00
0.885	9.08	3.83
0.935	9.25	3.20
0.985	9.40	2.60
1.035	9.51	2.10
1.085	9.61	1.80
1.135	9.69	1.50
1.185	9.76	1.30
1.285	9.87	1.10
1.385	9.98	1.15
1.485	10.10	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0987 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.29 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2197 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00197 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06703 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.509
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.682
Total wt% H_2O_2	32.191

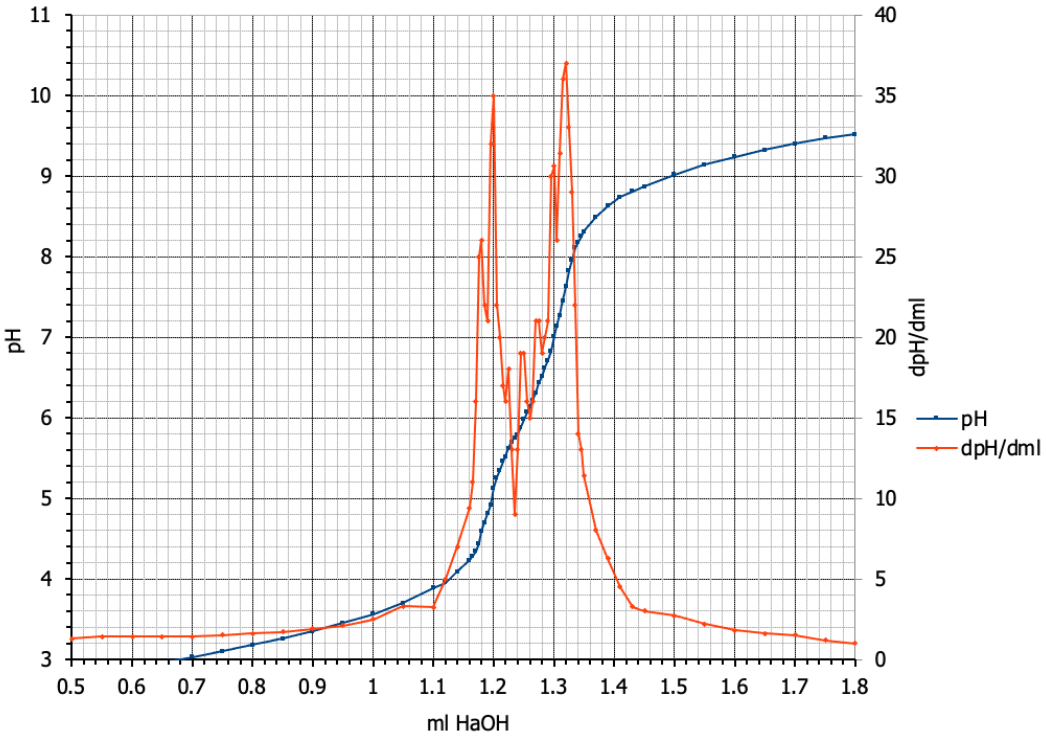
ตารางที่ ช.29 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.07	
0.100	2.32	2.45
0.200	2.56	2.35
0.300	2.79	2.35
0.400	3.03	2.40
0.450	3.15	2.70
0.500	3.30	3.20
0.550	3.47	4.00
0.600	3.70	5.60
0.620	3.82	7.50
0.640	4.00	11.40
0.645	4.06	13.00
0.650	4.13	14.00
0.655	4.20	16.00
0.660	4.29	21.00
0.665	4.41	28.00
0.670	4.57	36.00
0.675	4.77	38.00
0.680	4.95	36.00
0.685	5.13	41.00
0.690	5.36	42.00
0.695	5.55	34.00
0.700	5.70	28.00
0.705	5.83	22.00
0.710	5.92	15.00
0.715	5.98	13.00
0.720	6.05	17.00
0.725	6.15	19.00
0.730	6.24	17.00
0.735	6.32	17.00
0.740	6.41	18.00
0.745	6.50	16.00
0.750	6.57	15.00
0.755	6.65	16.00
0.760	6.73	17.00
0.765	6.82	20.00
0.770	6.93	25.00
0.775	7.07	30.00
0.780	7.23	37.00
0.785	7.44	42.00
0.790	7.65	43.00
0.795	7.87	39.00
0.800	8.04	29.00
0.805	8.16	24.00
0.810	8.28	21.00
0.815	8.37	17.00
0.820	8.45	15.00
0.840	8.67	9.50
0.860	8.83	6.50
0.880	8.93	5.25
0.900	9.04	4.75
0.920	9.12	3.75
0.940	9.19	3.30
0.990	9.33	2.60
1.040	9.45	3.10
1.090	9.64	2.60
1.140	9.71	1.40
1.190	9.78	1.30
1.290	9.89	1.05
1.390	9.99	0.95
1.490	10.08	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2147 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.30 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2090 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00165 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05606 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	26.823
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.928
Total wt% H_2O_2	27.751

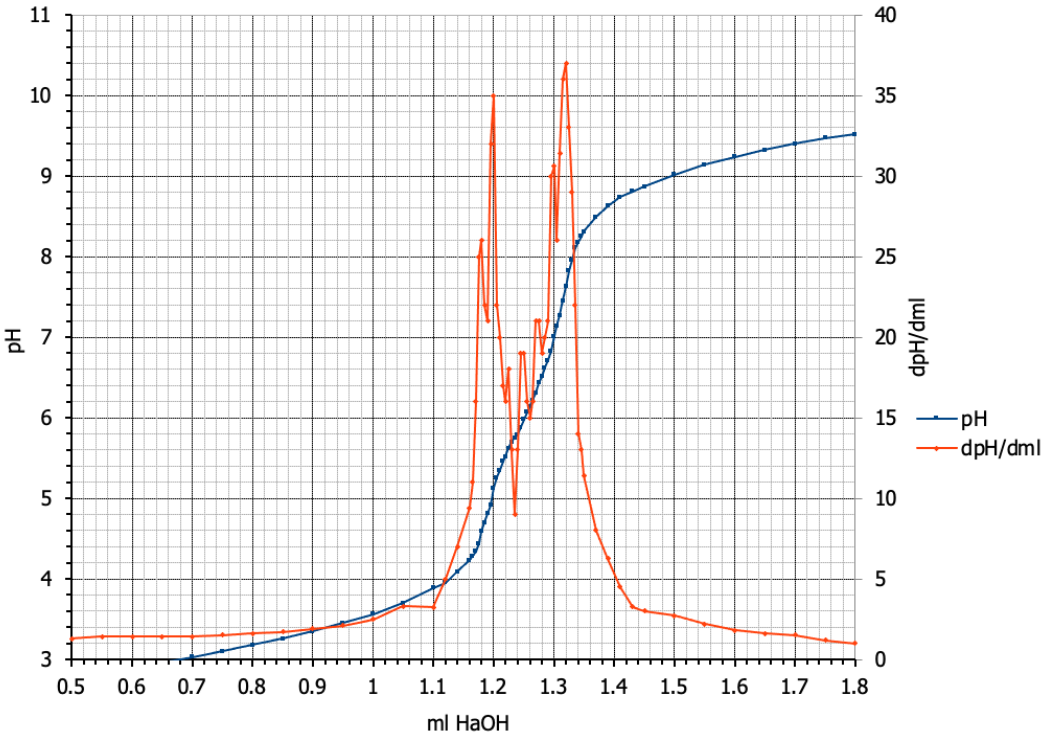
ตารางที่ ช.30 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.01	
0.050	2.09	1.70
0.100	2.18	1.70
0.150	2.26	1.50
0.200	2.33	1.50
0.250	2.41	1.50
0.300	2.48	1.40
0.350	2.55	1.40
0.400	2.62	1.40
0.450	2.69	1.30
0.500	2.75	1.30
0.550	2.82	1.40
0.600	2.89	1.40
0.650	2.96	1.40
0.700	3.03	1.40
0.750	3.10	1.50
0.800	3.18	1.60
0.850	3.26	1.70
0.900	3.35	1.90
0.950	3.45	2.10
1.000	3.56	2.50
1.050	3.70	3.30
1.100	3.89	3.23
1.120	3.95	5.00
1.140	4.09	7.00
1.160	4.23	9.40
1.165	4.28	11.00
1.170	4.34	16.00
1.175	4.44	25.00
1.180	4.59	26.00
1.185	4.70	22.00
1.190	4.81	21.00
1.195	4.91	32.00
1.200	5.13	35.00
1.205	5.26	22.00
1.210	5.35	20.00
1.215	5.46	17.00
1.220	5.52	16.00
1.225	5.62	18.00
1.230	5.70	13.00
1.235	5.75	9.00
1.240	5.79	13.00
1.245	5.88	19.00
1.250	5.98	19.00
1.255	6.07	16.00
1.260	6.14	15.00
1.265	6.22	16.00
1.270	6.30	21.00
1.275	6.43	21.00
1.280	6.51	19.00
1.285	6.62	20.00
1.290	6.71	21.00
1.295	6.83	30.00
1.300	7.01	30.60
1.305	7.14	26.00
1.310	7.27	31.40
1.315	7.45	36.00
1.320	7.63	37.00
1.325	7.82	33.00
1.330	7.96	29.00
1.335	8.11	22.00
1.340	8.18	14.00
1.345	8.25	13.00
1.350	8.31	11.40
1.370	8.49	8.00
1.390	8.63	6.25
1.410	8.74	4.50
1.430	8.81	3.25
1.450	8.87	3.00
1.500	9.02	2.70
1.550	9.14	2.20
1.600	9.24	1.80
1.650	9.32	1.60
1.700	9.40	1.50
1.750	9.47	1.20
1.800	9.52	1.00
1.850	9.57	0.97
1.950	9.66	0.85
2.050	9.74	0.80
2.150	9.82	0.75
2.250	9.89	0.65
2.350	9.95	0.65
2.450	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3298 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.31 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2051 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00139 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04729 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.055
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.504
Total wt% H_2O_2	23.588

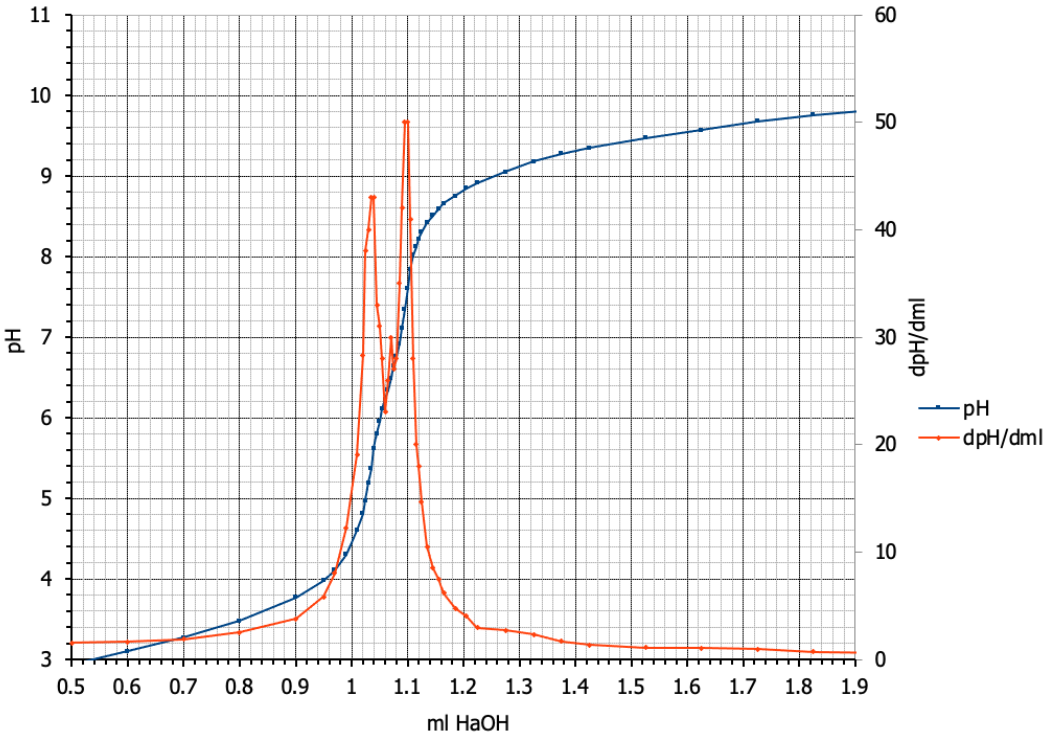
ตารางที่ ช.31 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	1.94	
0.100	2.03	1.05
0.200	2.15	1.25
0.300	2.28	1.40
0.400	2.43	1.40
0.500	2.56	1.25
0.600	2.68	1.30
0.700	2.82	1.30
0.800	2.94	1.30
0.900	3.08	1.45
1.000	3.23	1.55
1.100	3.39	1.90
1.200	3.61	2.73
1.250	3.76	3.00
1.300	3.91	3.60
1.350	4.12	6.91
1.370	4.28	10.00
1.390	4.52	15.00
1.410	4.88	19.60
1.415	4.98	22.00
1.420	5.10	27.00
1.425	5.25	31.00
1.430	5.41	27.00
1.435	5.52	25.00
1.440	5.66	23.00
1.445	5.75	19.00
1.450	5.85	23.00
1.455	5.98	21.00
1.460	6.06	15.00
1.465	6.13	16.00
1.470	6.22	18.00
1.475	6.31	19.00
1.480	6.41	16.00
1.485	6.47	14.00
1.490	6.55	15.00
1.495	6.62	14.00
1.500	6.69	16.00
1.505	6.78	17.00
1.510	6.86	20.00
1.515	6.98	26.00
1.520	7.12	32.00
1.525	7.30	35.00
1.530	7.47	32.00
1.535	7.62	33.00
1.540	7.80	31.00
1.545	7.93	25.00
1.550	8.05	23.00
1.555	8.16	18.00
1.560	8.23	13.67
1.570	8.36	11.50
1.580	8.46	8.50
1.590	8.53	7.00
1.600	8.60	6.50
1.610	8.66	5.67
1.630	8.76	4.75
1.650	8.85	4.00
1.670	8.92	3.24
1.720	9.05	2.40
1.770	9.16	2.00
1.820	9.25	1.67
1.920	9.39	1.30
2.020	9.51	1.10
2.120	9.61	0.85
2.220	9.68	0.66
2.370	9.77	0.67
2.520	9.88	0.67
2.670	9.97	0.53
2.820	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3152 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.32 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2190 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00138 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04704 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	21.480
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.316
Total wt% H_2O_2	21.796

ตารางที่ ช.32 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

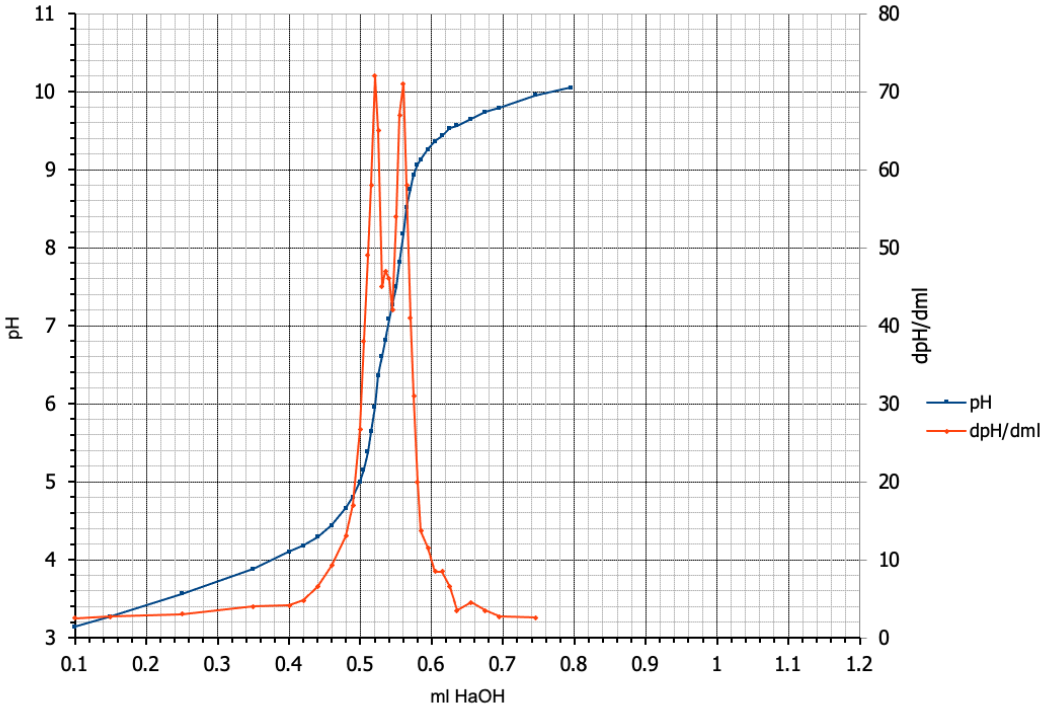
ml	pH	dpH/dml
0.000	2.13	
0.050	2.23	1.70
0.100	2.30	1.47
0.200	2.46	1.65
0.300	2.63	1.65
0.400	2.79	1.55
0.500	2.94	1.55
0.600	3.10	1.65
0.700	3.27	1.90
0.800	3.48	2.50
0.900	3.77	3.77
0.950	3.98	5.84
0.970	4.11	8.00
0.990	4.30	12.25
1.010	4.60	19.00
1.020	4.81	28.33
1.025	4.97	38.00
1.030	5.19	40.00
1.035	5.37	43.00
1.040	5.62	43.00
1.045	5.80	33.00
1.050	5.95	31.00
1.055	6.11	28.00
1.060	6.23	23.00
1.065	6.34	26.00
1.070	6.49	30.00
1.075	6.64	27.00
1.080	6.76	28.00

ml	pH	dpH/dml
1.085	6.92	35.00
1.090	7.11	42.00
1.095	7.34	50.00
1.100	7.61	50.00
1.105	7.84	41.00
1.110	8.02	28.00
1.115	8.12	20.00
1.120	8.22	18.00
1.125	8.30	14.67
1.135	8.42	10.50
1.145	8.51	8.50
1.155	8.59	7.50
1.165	8.66	6.17
1.185	8.75	4.75
1.205	8.85	4.00
1.225	8.91	2.94
1.275	9.05	2.70
1.325	9.18	2.30
1.375	9.28	1.70
1.425	9.35	1.33
1.525	9.47	1.10
1.625	9.57	1.05
1.725	9.68	0.95
1.825	9.76	0.72
1.975	9.85	0.63
2.125	9.95	0.60
2.275	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3117 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.33 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2146 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00113 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03851 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.945
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.213
Total wt% H_2O_2	18.158

ตารางที่ ช.33 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

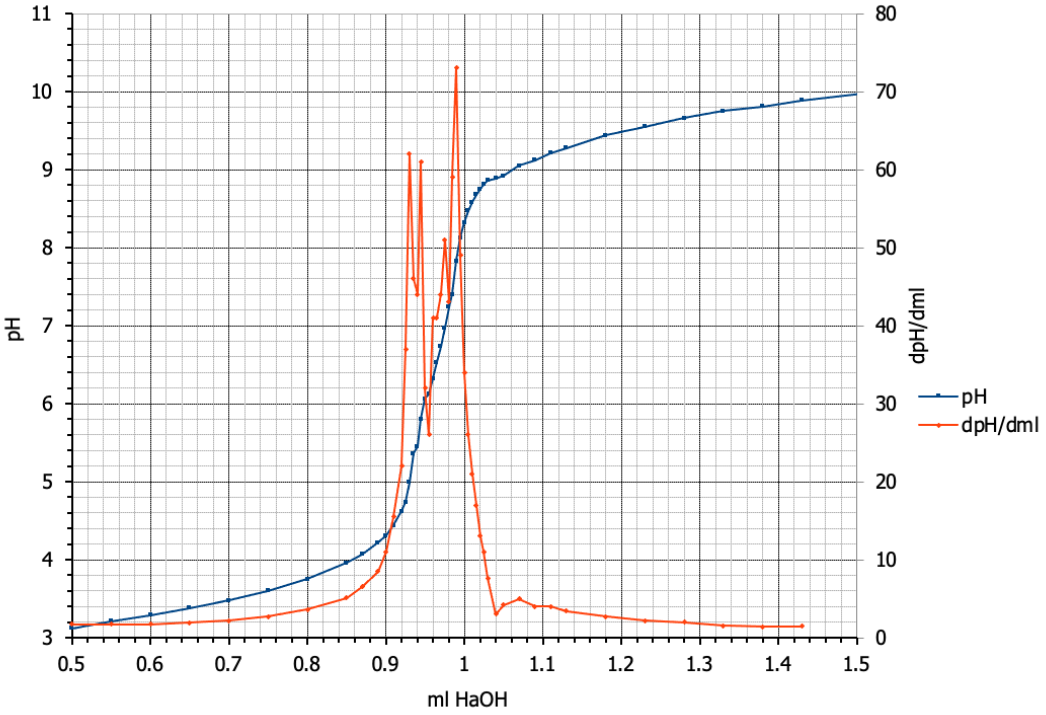
ml	pH	dpH/dml
0.000	2.89	
0.050	3.02	2.50
0.100	3.14	2.50
0.150	3.27	2.70
0.250	3.56	3.05
0.350	3.88	4.00
0.400	4.10	4.11
0.420	4.18	4.75
0.440	4.29	6.50
0.460	4.44	9.25
0.480	4.66	13.00
0.490	4.80	17.00
0.500	5.00	26.67
0.505	5.15	38.00
0.510	5.38	49.00
0.515	5.64	58.00
0.520	5.96	72.00
0.525	6.36	65.00
0.530	6.61	45.00
0.535	6.81	47.00
0.540	7.08	46.00
0.545	7.27	42.00
0.550	7.50	54.00
0.555	7.81	67.00
0.560	8.17	71.00
0.565	8.52	58.00
0.570	8.75	41.00
0.575	8.93	31.00

ml	pH	dpH/dml
0.580	9.06	20.00
0.585	9.13	13.67
0.595	9.26	11.50
0.605	9.36	8.50
0.615	9.43	8.50
0.625	9.53	6.50
0.635	9.56	3.50
0.655	9.65	4.50
0.675	9.74	3.50
0.695	9.79	2.70
0.745	9.95	2.60
0.795	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1147 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.34 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2211 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	29.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00211 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.07190 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	32.521
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.652
Total wt% H_2O_2	33.172

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ช.34 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.23	
0.050	2.32	1.90
0.150	2.53	1.90
0.200	2.62	1.90
0.250	2.72	1.80
0.300	2.80	1.70
0.350	2.89	1.60
0.400	2.96	1.50
0.450	3.04	1.60
0.500	3.12	1.70
0.550	3.21	1.70
0.600	3.29	1.70
0.650	3.38	1.90
0.700	3.48	2.20
0.750	3.60	2.70
0.800	3.75	3.60
0.850	3.96	5.13
0.870	4.07	6.50
0.890	4.22	8.50
0.900	4.31	11.00
0.910	4.44	15.50
0.920	4.62	22.00
0.925	4.74	37.00
0.930	4.99	62.00
0.935	5.36	46.00
0.940	5.45	44.00
0.945	5.80	61.00
0.950	6.06	32.00

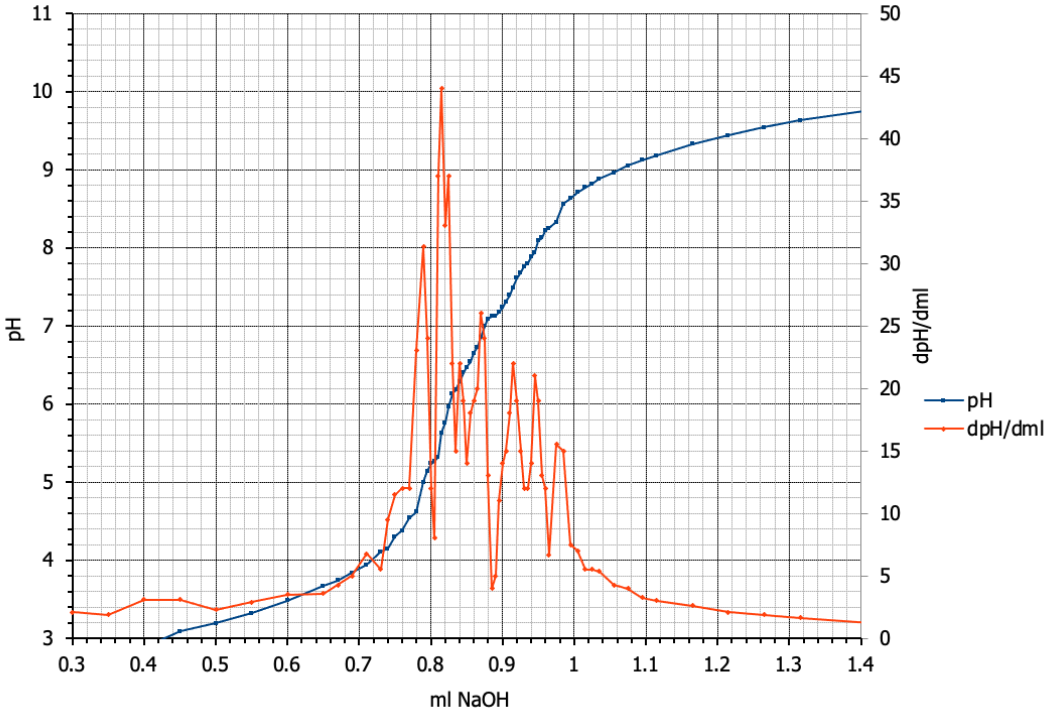
ml	pH	dpH/dml
0.955	6.12	26.00
0.960	6.32	41.00
0.965	6.53	41.00
0.970	6.73	44.00
0.975	6.97	51.00
0.980	7.24	43.00
0.985	7.40	59.00
0.990	7.83	73.00
0.995	8.13	49.00
1.000	8.32	34.00
1.005	8.47	26.00
1.010	8.58	21.00
1.015	8.68	17.00
1.020	8.75	13.00
1.025	8.81	11.00
1.030	8.86	7.67
1.040	8.89	3.00
1.050	8.92	4.17
1.070	9.05	5.00
1.090	9.12	4.00
1.110	9.21	4.00
1.130	9.28	3.41
1.180	9.44	2.70
1.230	9.55	2.20
1.280	9.66	2.00
1.330	9.75	1.50
1.380	9.81	1.40
1.430	9.89	1.43

ml	pH	dpH/dml
1.530	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1116 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.35 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2178 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00199 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06776 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.111
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.488
Total wt% H_2O_2	32.599

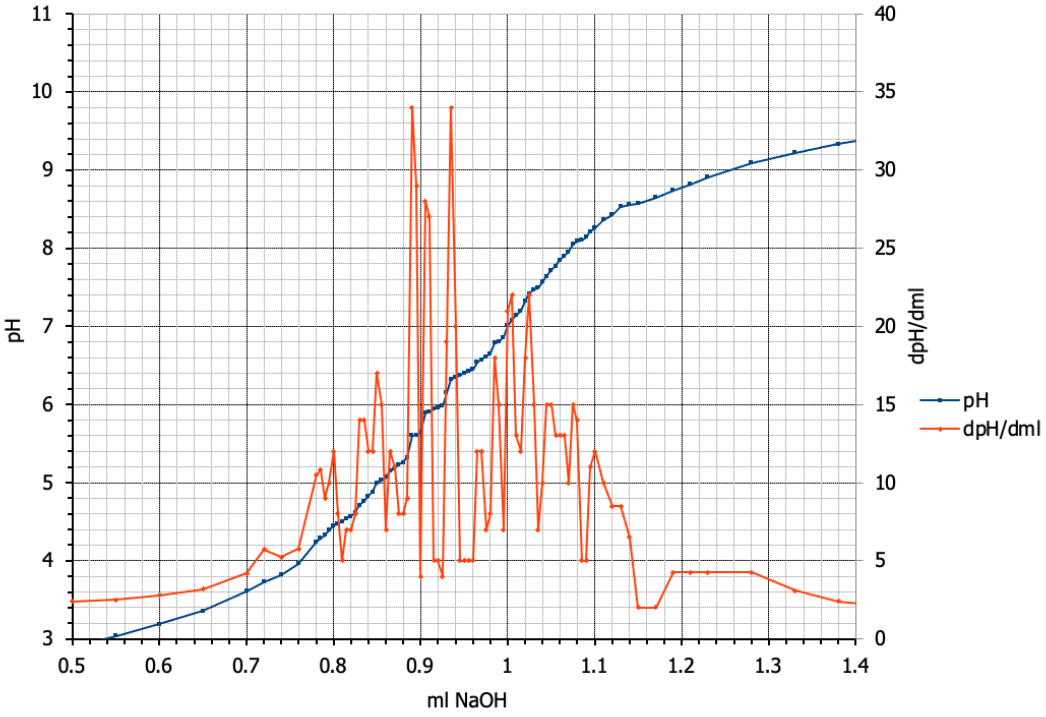
ตารางที่ ช.35 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.08	
0.050	2.16	1.80
0.100	2.26	2.00
0.150	2.36	2.10
0.200	2.47	2.10
0.250	2.57	2.20
0.300	2.69	2.10
0.350	2.78	1.90
0.400	2.88	3.10
0.450	3.09	3.10
0.500	3.19	2.30
0.550	3.32	2.90
0.600	3.48	3.50
0.650	3.67	3.59
0.670	3.74	4.25
0.690	3.84	5.00
0.710	3.94	6.75
0.730	4.11	5.50
0.740	4.15	9.50
0.750	4.30	11.50
0.760	4.38	12.00
0.770	4.54	12.00
0.780	4.62	23.00
0.790	5.00	31.33
0.795	5.14	24.00
0.800	5.24	12.00
0.805	5.26	8.00
0.810	5.32	37.00
0.815	5.63	44.00
0.820	5.76	33.00
0.825	5.96	37.00
0.830	6.13	22.00
0.835	6.18	15.00
0.840	6.28	22.00
0.845	6.40	19.00
0.850	6.47	14.00
0.855	6.54	18.00
0.860	6.65	19.00
0.865	6.73	20.00
0.870	6.85	26.00
0.875	6.99	24.00
0.880	7.09	13.00
0.885	7.12	4.00
0.890	7.13	5.00
0.895	7.17	11.00
0.900	7.24	14.00
0.905	7.31	15.00
0.910	7.39	18.00
0.915	7.49	22.00
0.920	7.61	19.00
0.925	7.68	15.00
0.930	7.76	12.00
0.935	7.80	12.00
0.940	7.88	14.00
0.945	7.94	21.00
0.950	8.09	19.00
0.955	8.13	13.00
0.96	8.22	12.00
0.965	8.25	6.67
0.975	8.33	15.50
0.985	8.56	15.00
0.995	8.63	7.50
1.005	8.71	7.00
1.015	8.77	5.50
1.025	8.82	5.50
1.035	8.88	5.33
1.055	8.96	4.25
1.075	9.05	4.00
1.095	9.12	3.25
1.115	9.18	3.00
1.165	9.33	2.60
1.215	9.44	2.10
1.265	9.54	1.90
1.315	9.63	1.63
1.415	9.76	1.25
1.515	9.88	1.15
1.615	9.99	1.20
1.715	10.12	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1277 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.36 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2775 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	35.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00252 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.08555 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.830
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.756
Total wt% H_2O_2	32.585

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ช.36 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	1.78		0.830	4.71	14.00
0.050	1.87	2.00	0.835	4.76	12.00
0.100	1.98	2.10	0.840	4.83	12.00
0.150	2.08	2.20	0.845	4.88	17.00
0.200	2.20	2.40	0.850	5.00	15.00
0.250	2.32	2.60	0.855	5.03	7.00
0.300	2.46	2.40	0.860	5.07	12.00
0.350	2.56	2.10	0.865	5.15	11.00
0.400	2.67	2.30	0.870	5.18	8.00
0.450	2.79	2.40	0.875	5.23	8.00
0.500	2.91	2.50	0.880	5.26	9.00
0.550	3.04	2.80	0.885	5.32	34.00
0.600	3.19	3.20	0.890	5.60	29.00
0.650	3.36	4.20	0.895	5.61	4.00
0.700	3.61	5.71	0.900	5.64	28.00
0.720	3.73	5.25	0.905	5.89	27.00
0.740	3.82	5.75	0.910	5.91	5.00
0.760	3.96	10.50	0.915	5.94	5.00
0.780	4.24	10.80	0.920	5.96	4.00
0.785	4.29	9.00	0.925	5.98	19.00
0.790	4.33	10.00	0.930	6.15	34.00
0.795	4.39	12.00	0.935	6.32	20.00
0.800	4.45	8.00	0.940	6.35	5.00
0.805	4.47	5.00	0.945	6.37	5.00
0.810	4.50	7.00	0.950	6.40	5.00
0.815	4.54	7.00	0.955	6.42	5.00
0.820	4.57	8.00	0.960	6.45	12.00
0.825	4.62	14.00	0.965	6.54	12.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

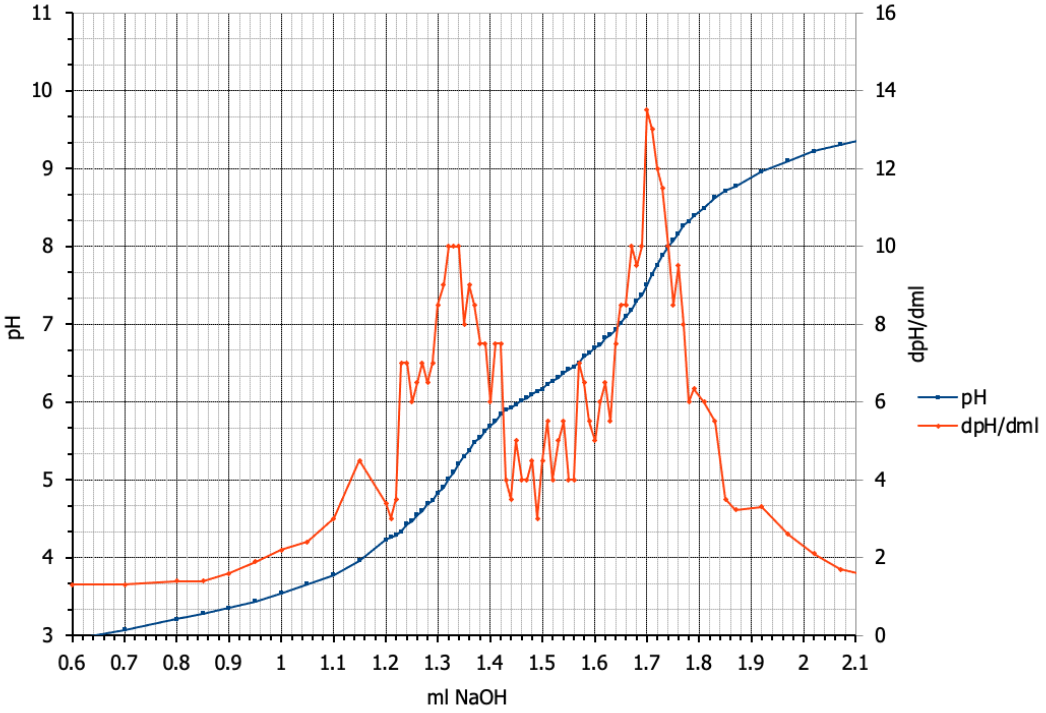
ml	pH	dpH/dml
0.970	6.57	7.00
0.975	6.61	8.00
0.980	6.65	18.00
0.985	6.79	15.00
0.990	6.80	7.00
0.995	6.86	21.00
1.000	7.01	22.00
1.005	7.08	13.00
1.010	7.14	12.00
1.015	7.20	18.00
1.020	7.32	22.00
1.025	7.42	15.00
1.030	7.47	7.00
1.035	7.49	10.00
1.040	7.57	15.00
1.045	7.64	15.00
1.050	7.72	13.00
1.055	7.77	13.00
1.060	7.85	13.00
1.065	7.90	10.00
1.070	7.95	15.00
1.075	8.05	14.00
1.080	8.09	5.00
1.085	8.10	5.00
1.090	8.14	11.00
1.095	8.21	12.00
1.100	8.26	10.00
1.110	8.36	8.50

ml	pH	dpH/dml
1.120	8.43	8.50
1.130	8.53	6.50
1.140	8.56	2.00
1.150	8.57	2.00
1.170	8.65	4.25
1.190	8.74	4.25
1.210	8.82	4.25
1.230	8.91	4.24
1.280	9.09	3.10
1.330	9.22	2.40
1.380	9.33	2.10
1.430	9.43	1.80
1.480	9.51	1.50
1.580	9.64	1.25
1.680	9.76	1.05
1.780	9.85	0.95
1.880	9.95	0.85
1.980	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2182 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.37 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.3178 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	38.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00277 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.09408 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.605
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.740
Total wt% H_2O_2	32.344

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ช.37 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.03		1.310	4.90	9.00
0.050	2.10	1.80	1.320	5.01	10.00
0.100	2.21	2.03	1.330	5.10	10.00
0.200	2.38	1.65	1.340	5.21	10.00
0.300	2.54	1.50	1.350	5.30	8.00
0.400	2.68	1.35	1.360	5.37	9.00
0.500	2.81	1.35	1.370	5.48	8.50
0.600	2.95	1.30	1.380	5.54	7.50
0.700	3.07	1.30	1.390	5.63	7.50
0.800	3.21	1.40	1.400	5.69	6.00
0.850	3.28	1.40	1.410	5.75	7.50
0.900	3.35	1.60	1.420	5.84	7.50
0.950	3.44	1.90	1.430	5.90	4.00
1.000	3.54	2.20	1.440	5.92	3.50
1.050	3.66	2.40	1.450	5.97	5.00
1.100	3.78	3.00	1.460	6.02	4.00
1.150	3.96	4.50	1.470	6.05	4.00
1.200	4.23	3.40	1.480	6.10	4.50
1.210	4.26	3.00	1.490	6.14	3.00
1.220	4.29	3.50	1.500	6.16	4.50
1.230	4.33	7.00	1.510	6.23	5.50
1.240	4.43	7.00	1.520	6.27	4.00
1.250	4.47	6.00	1.530	6.31	5.00
1.260	4.55	6.50	1.540	6.37	5.50
1.270	4.60	7.00	1.550	6.42	4.00
1.280	4.69	6.50	1.560	6.45	4.00
1.290	4.73	7.00	1.570	6.50	7.00
1.300	4.83	8.50	1.580	6.59	6.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

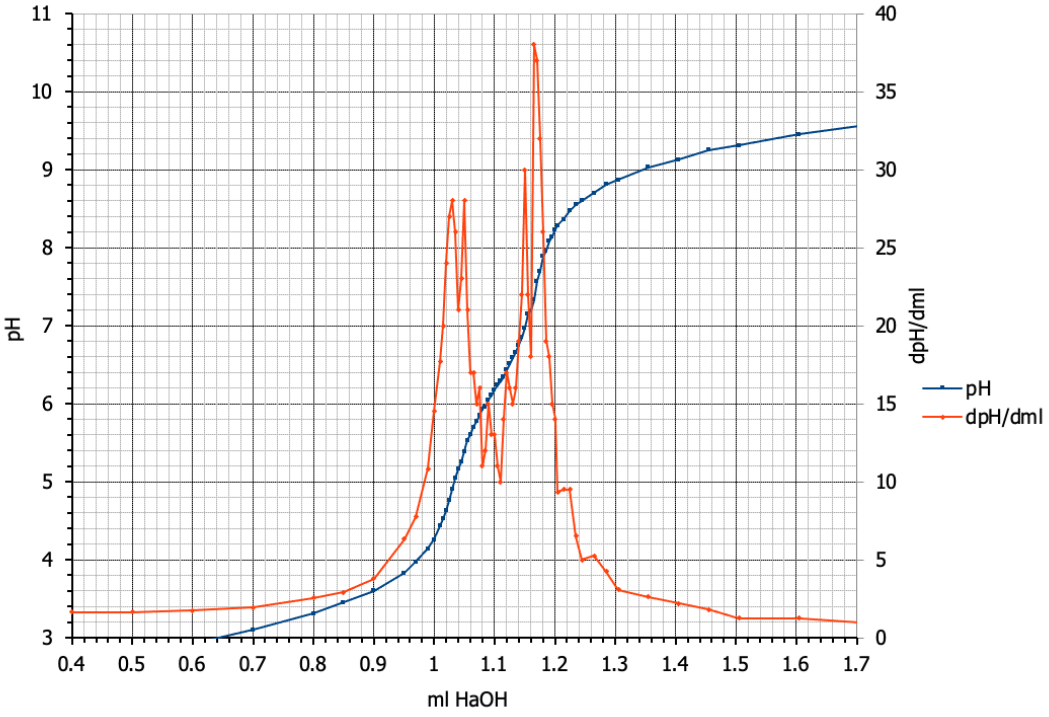
ml	pH	dpH/dml
1.590	6.63	5.50
1.600	6.70	5.00
1.610	6.73	6.00
1.620	6.82	6.50
1.630	6.86	5.50
1.640	6.93	7.50
1.650	7.01	8.50
1.660	7.10	8.50
1.670	7.18	10.00
1.680	7.30	9.50
1.690	7.37	10.00
1.700	7.50	13.50
1.710	7.64	13.00
1.720	7.76	12.00
1.730	7.88	11.50
1.740	7.99	10.00
1.750	8.08	8.50
1.760	8.16	9.50
1.770	8.27	8.00
1.780	8.32	6.00
1.790	8.39	6.33
1.810	8.49	6.00
1.830	8.63	5.50
1.850	8.71	3.50
1.870	8.77	3.23
1.920	8.96	3.30
1.970	9.10	2.60
2.020	9.22	2.10

ml	pH	dpH/dml
2.070	9.31	1.70
2.170	9.46	1.40
2.270	9.59	1.15
2.370	9.69	1.05
2.470	9.80	0.85
2.570	9.86	0.65
2.720	9.97	0.70
2.870	10.07	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2152 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.38 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2242 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	24.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00173 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05874 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	26.200
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.887
Total wt% H_2O_2	27.088

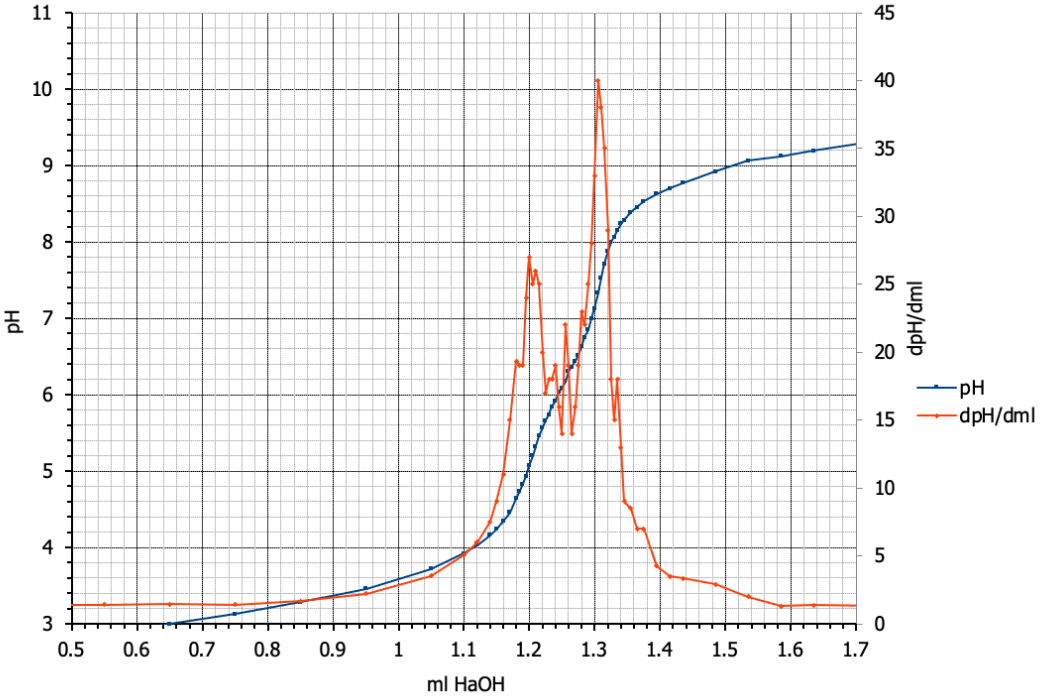
ตารางที่ ช.38 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	1.92	
0.100	2.07	1.60
0.200	2.24	1.75
0.300	2.42	1.75
0.400	2.59	1.65
0.500	2.75	1.65
0.600	2.92	1.75
0.700	3.10	1.95
0.800	3.31	2.57
0.850	3.45	2.90
0.900	3.60	3.80
0.950	3.83	6.31
0.970	3.97	7.75
0.990	4.14	10.83
1.000	4.26	14.50
1.010	4.43	17.67
1.015	4.52	20.00
1.020	4.63	24.00
1.025	4.76	27.00
1.030	4.90	28.00
1.035	5.04	26.00
1.040	5.16	21.00
1.045	5.25	23.00
1.050	5.39	28.00
1.055	5.53	21.00
1.060	5.60	17.00
1.065	5.70	17.00
1.070	5.77	15.00
1.075	5.85	16.00
1.080	5.93	11.00
1.085	5.96	12.00
1.090	6.05	15.00
1.095	6.11	13.00
1.100	6.18	13.00
1.105	6.24	11.00
1.110	6.29	10.00
1.115	6.34	14.00
1.120	6.43	17.00
1.125	6.51	16.00
1.130	6.59	15.00
1.135	6.66	16.00
1.140	6.75	19.00
1.145	6.85	22.00
1.150	6.97	30.00
1.155	7.15	22.00
1.160	7.19	18.00
1.165	7.33	38.00
1.170	7.57	37.00
1.175	7.70	32.00
1.180	7.89	26.00
1.185	7.96	19.00
1.190	8.08	18.00
1.195	8.14	15.00
1.200	8.23	14.00
1.205	8.28	9.33
1.215	8.36	9.50
1.225	8.47	9.50
1.235	8.55	6.50
1.245	8.60	5.00
1.265	8.70	5.25
1.285	8.81	4.25
1.305	8.87	3.06
1.355	9.03	2.60
1.405	9.13	2.20
1.455	9.25	1.80
1.505	9.31	1.27
1.605	9.45	1.25
1.705	9.56	1.00
1.805	9.65	0.86
1.955	9.77	0.77
2.105	9.88	0.63
2.255	9.96	0.53
2.405	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3212 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.39 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2320 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00161 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05460 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.533
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.543
Total wt% H_2O_2	24.076

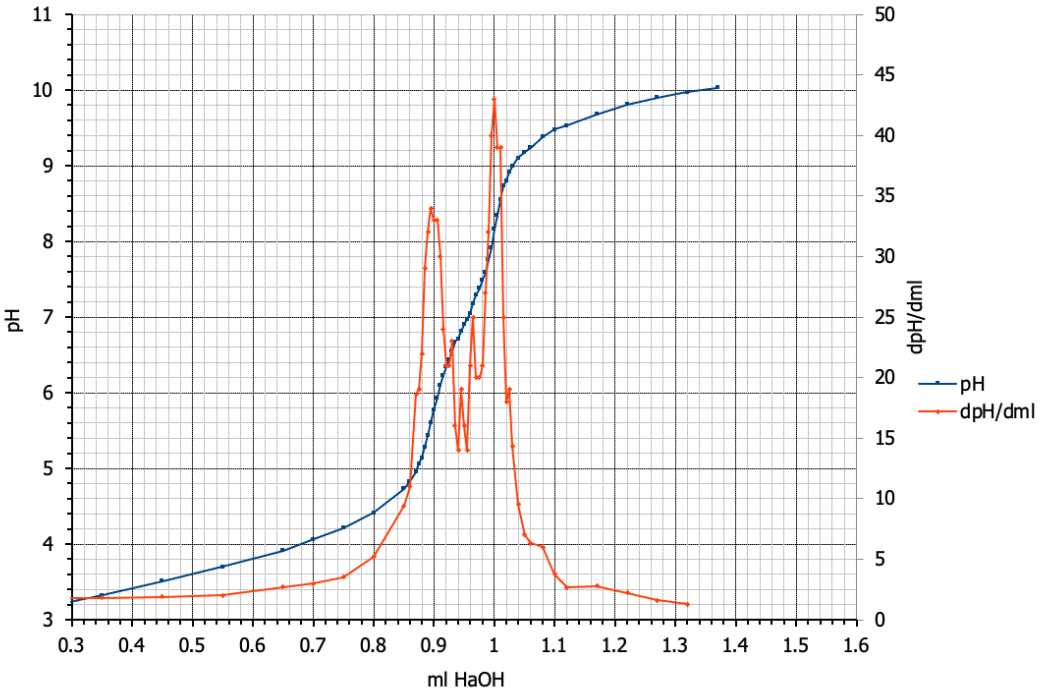
ตารางที่ ช.39 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.04	
0.050	2.12	1.53
0.150	2.26	1.50
0.250	2.42	1.50
0.350	2.56	1.50
0.450	2.72	1.40
0.550	2.84	1.40
0.650	3.00	1.45
0.750	3.13	1.40
0.850	3.28	1.65
0.950	3.46	2.20
1.050	3.72	3.53
1.100	3.92	5.07
1.120	4.03	6.00
1.140	4.16	7.50
1.150	4.24	9.00
1.160	4.34	11.00
1.170	4.46	15.00
1.180	4.64	19.33
1.185	4.74	19.00
1.190	4.83	19.00
1.195	4.93	24.00
1.200	5.07	27.00
1.205	5.20	25.00
1.210	5.32	26.00
1.215	5.46	25.00
1.220	5.57	20.00
1.225	5.66	17.00
1.230	5.74	18.00
1.235	5.84	18.00
1.240	5.92	19.00
1.245	6.03	16.00
1.250	6.08	14.00
1.255	6.17	22.00
1.260	6.30	19.00
1.265	6.36	14.00
1.270	6.44	16.00
1.275	6.52	19.00
1.280	6.63	23.00
1.285	6.75	22.00
1.290	6.85	25.00
1.295	7.00	28.00
1.300	7.13	33.00
1.305	7.33	40.00
1.310	7.53	38.00
1.315	7.71	35.00
1.320	7.88	29.00
1.325	8.00	18.00
1.330	8.06	15.00
1.335	8.15	18.00
1.340	8.24	13.00
1.345	8.28	9.00
1.355	8.39	8.50
1.365	8.45	7.00
1.375	8.53	7.00
1.395	8.63	4.25
1.415	8.70	3.50
1.435	8.77	3.36
1.485	8.92	2.90
1.535	9.06	2.00
1.585	9.12	1.30
1.635	9.19	1.37
1.735	9.32	1.30
1.835	9.45	1.10
1.935	9.54	0.75
2.035	9.60	0.65
2.185	9.71	0.67
2.335	9.80	0.60
2.485	9.89	0.43
2.635	9.93	0.40
2.785	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5272 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.40 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2127 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00120 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04070 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.137
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.331
Total wt% H_2O_2	19.468

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ช.40 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.71	
0.050	2.79	1.63
0.150	2.96	1.80
0.250	3.15	1.80
0.350	3.32	1.80
0.450	3.51	1.90
0.550	3.70	2.00
0.650	3.91	2.70
0.700	4.06	3.00
0.750	4.21	3.50
0.800	4.41	5.20
0.850	4.73	9.40
0.860	4.83	11.00
0.870	4.95	18.67
0.875	5.06	19.00
0.880	5.14	22.00
0.885	5.28	29.00
0.890	5.43	32.00
0.895	5.60	34.00
0.900	5.77	33.00
0.905	5.93	33.00
0.910	6.10	30.00
0.915	6.23	24.00
0.920	6.34	21.00
0.925	6.44	21.00
0.930	6.55	23.00
0.935	6.67	16.00
0.940	6.71	14.00

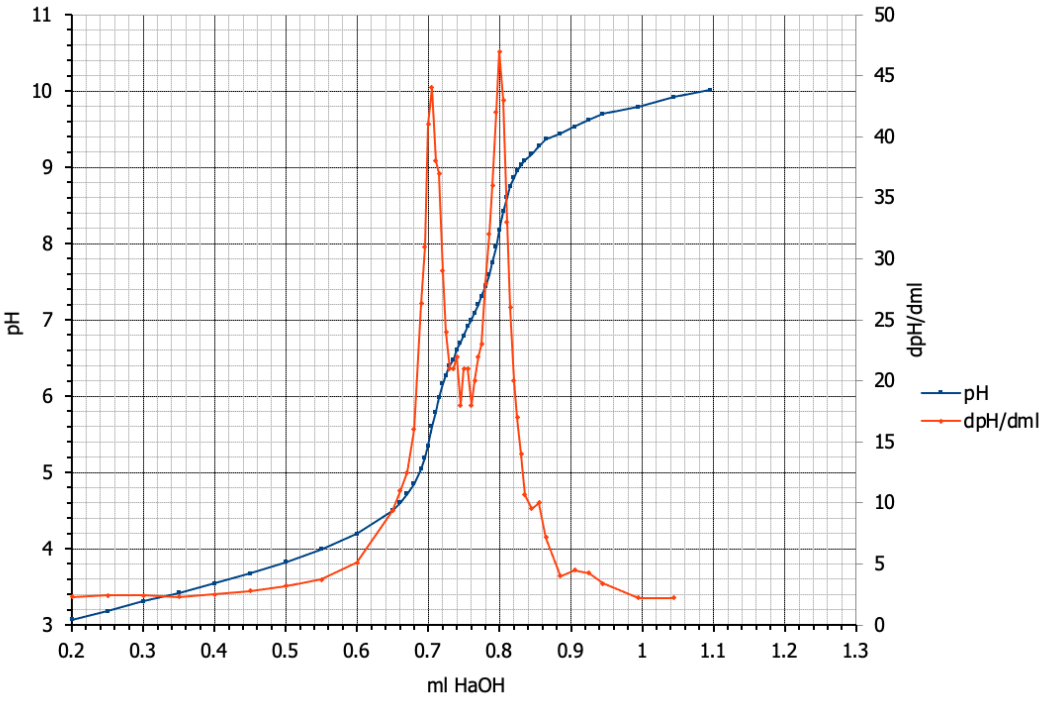
ml	pH	dpH/dml
0.945	6.81	19.00
0.950	6.90	16.00
0.955	6.97	14.00
0.960	7.04	21.00
0.965	7.18	25.00
0.970	7.29	20.00
0.975	7.38	20.00
0.980	7.49	21.00
0.985	7.59	27.00
0.990	7.76	32.00
0.995	7.91	40.00
1.000	8.16	43.00
1.005	8.34	39.00
1.010	8.55	39.00
1.015	8.73	25.00
1.020	8.80	18.00
1.025	8.91	19.00
1.030	8.99	14.33
1.040	9.10	9.50
1.050	9.18	7.00
1.060	9.24	6.33
1.080	9.38	6.00
1.100	9.48	3.75
1.120	9.53	2.64
1.170	9.68	2.80
1.220	9.81	2.20
1.270	9.90	1.60
1.320	9.97	1.30

ml	pH	dpH/dml
1.370	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 2 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4719 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.41 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1978 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02866 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00109 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03705 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.730
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.334
Total wt% H_2O_2	19.065

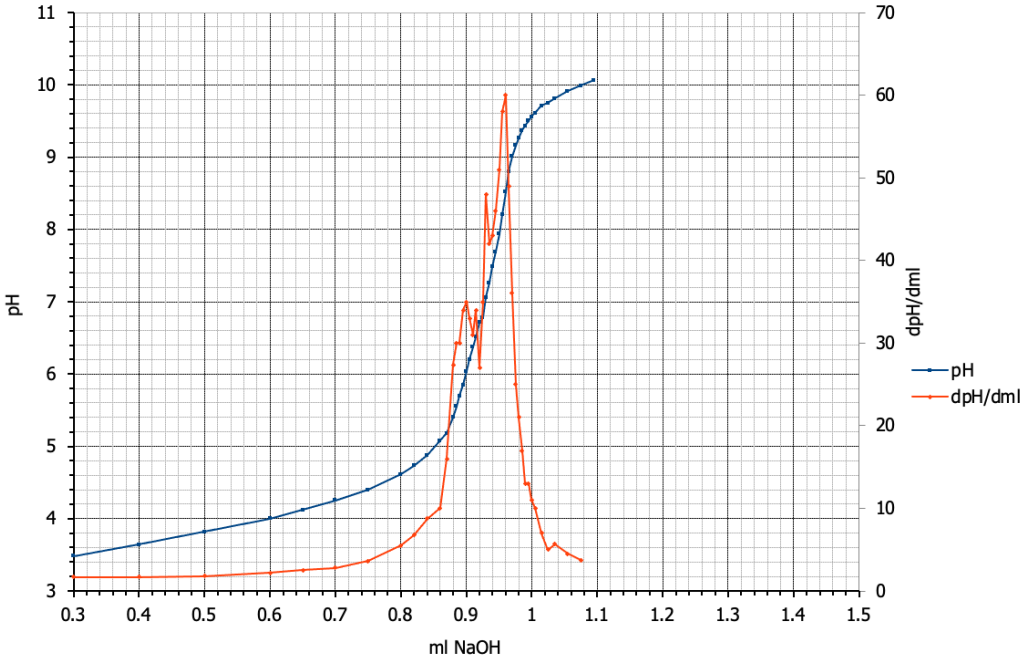
ตารางที่ ช.41 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.63	
0.050	2.73	2.10
0.100	2.84	2.20
0.150	2.95	2.30
0.200	3.07	2.30
0.250	3.18	2.40
0.300	3.31	2.40
0.350	3.42	2.30
0.400	3.54	2.50
0.450	3.67	2.80
0.500	3.82	3.20
0.550	3.99	3.70
0.600	4.19	5.10
0.650	4.50	9.37
0.660	4.60	11.00
0.670	4.72	12.50
0.680	4.85	16.00
0.690	5.04	26.33
0.695	5.19	31.00
0.700	5.35	41.00
0.705	5.60	44.00
0.710	5.79	38.00
0.715	5.98	37.00
0.720	6.16	29.00
0.725	6.27	24.00
0.730	6.40	21.00
0.735	6.48	21.00
0.740	6.61	22.00
0.745	6.70	18.00
0.750	6.79	21.00
0.755	6.91	21.00
0.760	7.00	18.00
0.765	7.09	20.00
0.770	7.20	22.00
0.775	7.31	23.00
0.780	7.43	28.00
0.785	7.59	32.00
0.790	7.75	36.00
0.795	7.95	42.00
0.800	8.17	47.00
0.805	8.42	43.00
0.810	8.60	33.00
0.815	8.75	26.00
0.820	8.86	20.00
0.825	8.95	17.00
0.830	9.03	14.00
0.835	9.09	10.67
0.845	9.17	9.50
0.855	9.28	10.00
0.865	9.37	7.17
0.885	9.44	4.00
0.905	9.53	4.50
0.925	9.62	4.25
0.945	9.70	3.37
0.995	9.79	2.20
1.045	9.92	2.20
1.095	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1158 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.42 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2267 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	29.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02789 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00205 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06974 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.762
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.860
Total wt% H_2O_2	31.622

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

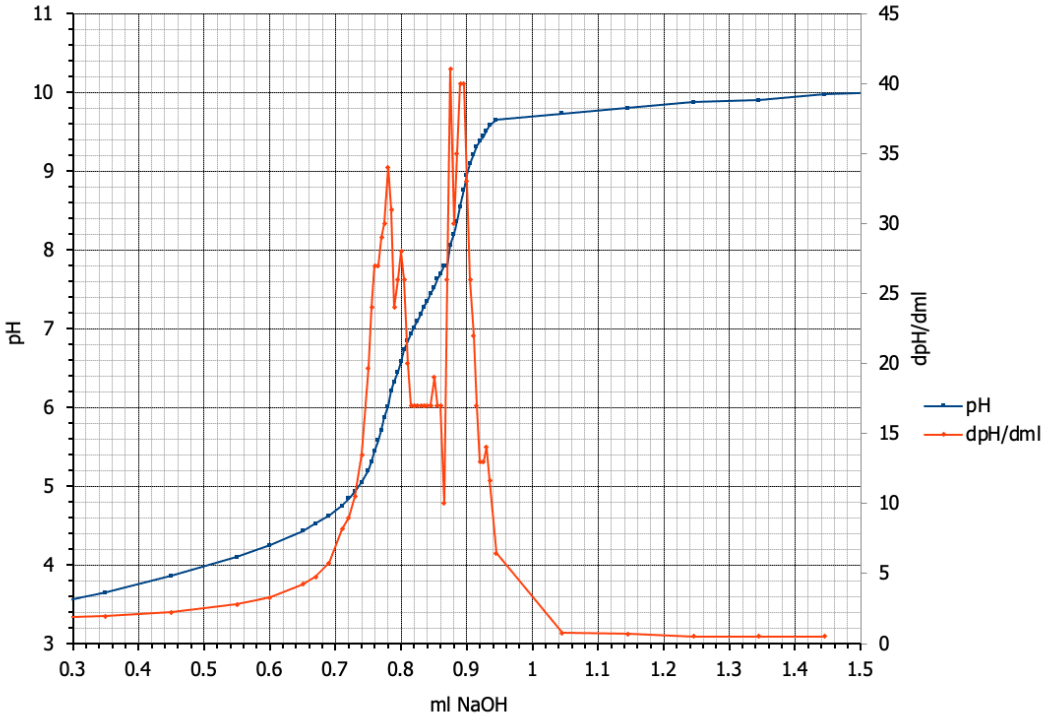
ตารางที่ ช.42 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.97	
0.050	3.04	1.60
0.100	3.13	1.77
0.200	3.30	1.75
0.300	3.48	1.70
0.400	3.64	1.70
0.500	3.82	1.80
0.600	4.00	2.20
0.650	4.12	2.50
0.700	4.25	2.80
0.750	4.40	3.60
0.800	4.61	5.49
0.820	4.73	6.75
0.840	4.88	8.75
0.860	5.08	10.00
0.870	5.18	16.00
0.880	5.40	27.33
0.885	5.55	30.00
0.890	5.70	30.00
0.895	5.85	34.00
0.900	6.04	35.00
0.905	6.20	33.00
0.910	6.37	31.00
0.915	6.51	34.00
0.920	6.71	27.00
0.925	6.78	35.00
0.930	7.06	48.00
0.935	7.26	42.00
0.940	7.48	43.00
0.945	7.69	46.00
0.950	7.94	51.00
0.955	8.20	58.00
0.960	8.52	60.00
0.965	8.80	49.00
0.970	9.01	36.00
0.975	9.16	25.00
0.980	9.26	21.00
0.985	9.37	17.00
0.990	9.43	13.00
0.995	9.50	13.00
1.000	9.56	11.00
1.005	9.61	10.00
1.015	9.71	7.00
1.025	9.75	5.00
1.035	9.81	5.67
1.055	9.91	4.50
1.075	9.99	3.75
1.095	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1072 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.43 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2166 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02789 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00191 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06499 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.006
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.472
Total wt% H_2O_2	31.477

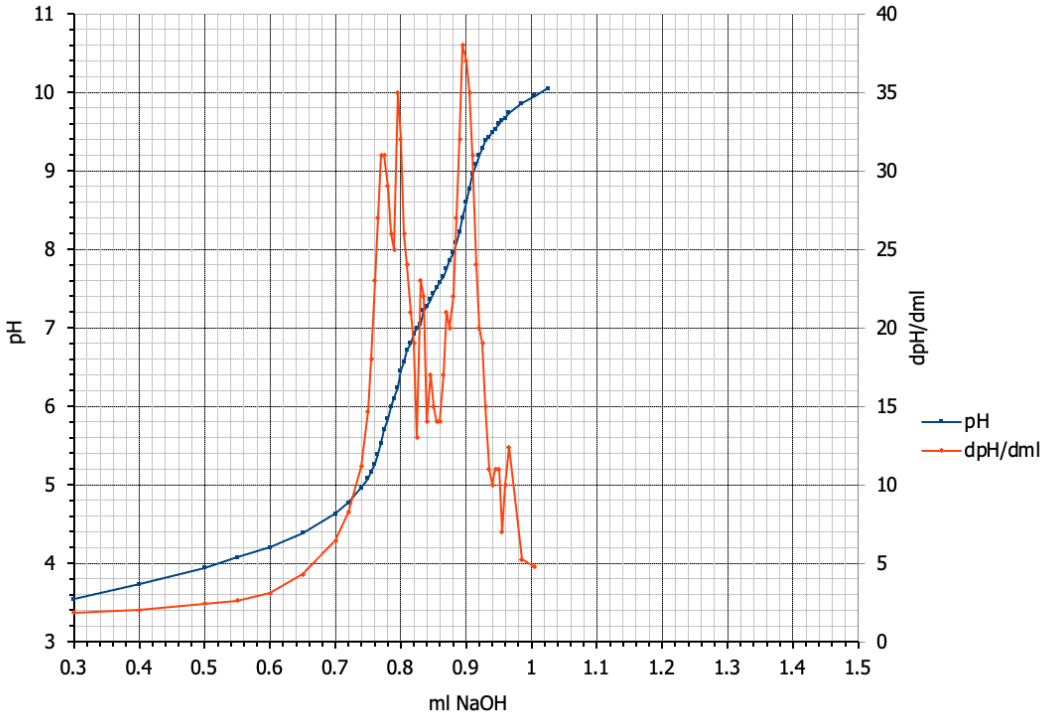
ตารางที่ ช.43 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.00	
0.050	3.09	1.83
0.150	3.28	1.90
0.250	3.47	1.85
0.350	3.65	1.95
0.450	3.86	2.25
0.550	4.10	2.80
0.600	4.25	3.30
0.650	4.43	4.24
0.670	4.52	4.75
0.690	4.62	5.75
0.710	4.75	8.17
0.720	4.84	9.00
0.730	4.93	10.50
0.740	5.05	13.50
0.750	5.20	19.67
0.755	5.31	24.00
0.760	5.44	27.00
0.765	5.58	27.00
0.770	5.71	29.00
0.775	5.87	30.00
0.780	6.01	34.00
0.785	6.21	31.00
0.790	6.32	24.00
0.795	6.45	26.00
0.800	6.58	28.00
0.805	6.73	26.00
0.810	6.84	20.00
0.815	6.93	17.00
0.820	7.01	17.00
0.825	7.10	17.00
0.830	7.18	17.00
0.835	7.27	17.00
0.840	7.35	17.00
0.845	7.44	17.00
0.850	7.52	19.00
0.855	7.63	17.00
0.860	7.69	17.00
0.865	7.80	10.00
0.870	7.79	26.00
0.875	8.06	41.00
0.880	8.20	30.00
0.885	8.36	35.00
0.890	8.55	40.00
0.895	8.76	40.00
0.900	8.95	33.00
0.905	9.09	26.00
0.910	9.21	22.00
0.915	9.31	17.00
0.920	9.38	13.00
0.925	9.44	13.00
0.930	9.51	14.00
0.935	9.58	11.67
0.945	9.65	6.44
1.045	9.73	0.75
1.145	9.80	0.70
1.245	9.87	0.50
1.345	9.90	0.50
1.445	9.97	0.50
1.545	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1115 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.44 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2286 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	28.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02789 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00200 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06831 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.883
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.489
Total wt% H_2O_2	31.373

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

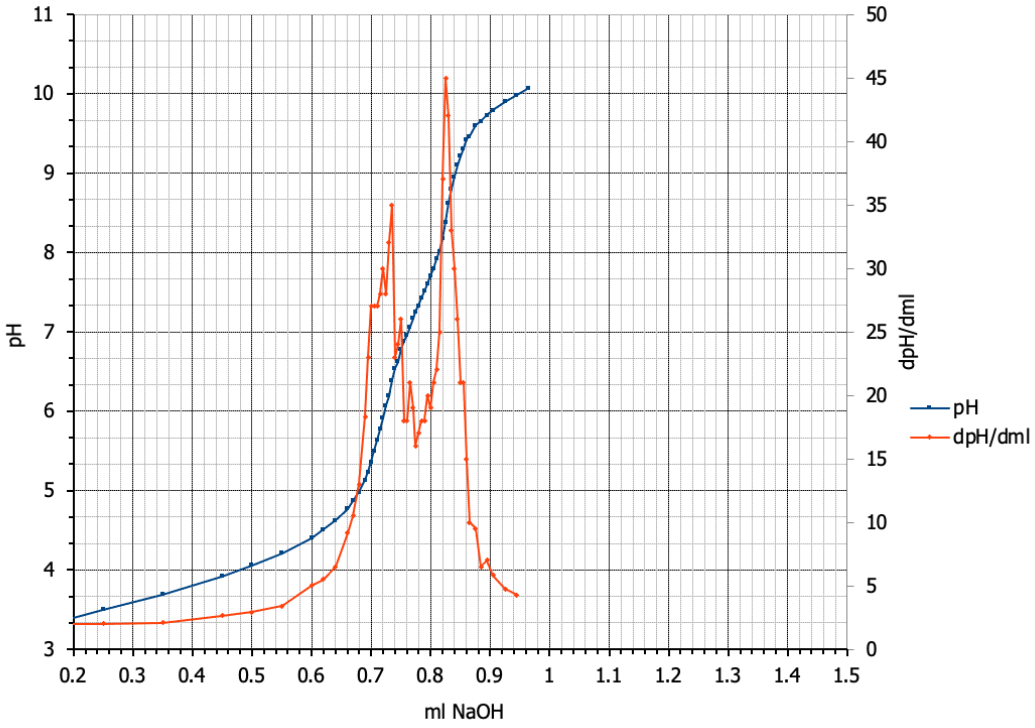
ตารางที่ ช.44 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.99	
0.050	3.08	1.80
0.100	3.17	1.83
0.200	3.36	1.85
0.300	3.54	1.85
0.400	3.73	2.00
0.500	3.94	2.43
0.550	4.07	2.60
0.600	4.20	3.10
0.650	4.38	4.30
0.700	4.63	6.43
0.720	4.77	8.25
0.740	4.96	11.17
0.750	5.08	14.67
0.755	5.16	18.00
0.760	5.26	23.00
0.765	5.39	27.00
0.770	5.53	31.00
0.775	5.70	31.00
0.780	5.84	29.00
0.785	5.99	26.00
0.790	6.10	25.00
0.795	6.24	35.00
0.800	6.45	32.00
0.805	6.56	26.00
0.810	6.71	24.00
0.815	6.80	21.00
0.820	6.92	19.00
0.825	6.99	13.00
0.830	7.05	23.00
0.835	7.22	22.00
0.840	7.27	14.00
0.845	7.36	17.00
0.850	7.44	15.00
0.855	7.51	14.00
0.860	7.58	14.00
0.865	7.65	17.00
0.870	7.75	21.00
0.875	7.86	20.00
0.880	7.95	22.00
0.885	8.08	27.00
0.890	8.22	32.00
0.895	8.40	38.00
0.900	8.60	37.00
0.905	8.77	35.00
0.910	8.95	31.00
0.915	9.08	24.00
0.920	9.19	20.00
0.925	9.28	19.00
0.930	9.38	15.00
0.935	9.43	11.00
0.940	9.49	10.00
0.945	9.53	11.00
0.950	9.60	11.00
0.955	9.64	7.00
0.960	9.67	10.00
0.965	9.74	12.40
0.985	9.86	5.25
1.005	9.95	4.75
1.025	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1046 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.45 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1880 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02789 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00165 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05598 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.776
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.429
Total wt% H_2O_2	31.205

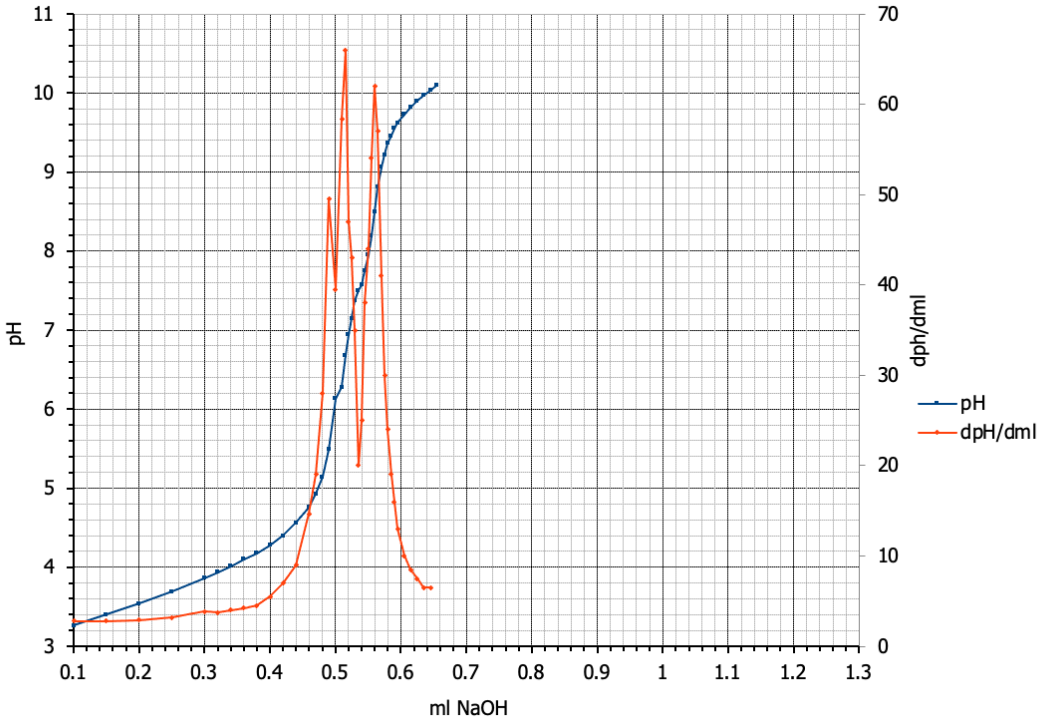
ตารางที่ ช.45 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.00		0.760	6.96	18.00
0.050	3.10	1.97	0.765	7.06	21.00
0.150	3.29	2.00	0.770	7.17	19.00
0.250	3.50	2.00	0.775	7.25	16.00
0.350	3.69	2.10	0.780	7.33	17.00
0.450	3.92	2.63	0.785	7.42	18.00
0.500	4.06	2.90	0.790	7.51	18.00
0.550	4.21	3.40	0.795	7.60	20.00
0.600	4.40	5.01	0.800	7.71	19.00
0.620	4.51	5.50	0.805	7.79	21.00
0.640	4.62	6.50	0.810	7.92	22.00
0.660	4.77	9.17	0.815	8.01	25.00
0.670	4.87	10.50	0.820	8.17	37.00
0.680	4.98	13.00	0.825	8.38	45.00
0.690	5.13	18.33	0.830	8.62	42.00
0.695	5.23	23.00	0.835	8.80	33.00
0.700	5.36	27.00	0.840	8.95	30.00
0.705	5.50	27.00	0.845	9.10	26.00
0.710	5.63	27.00	0.850	9.21	21.00
0.715	5.77	28.00	0.855	9.31	21.00
0.720	5.91	30.00	0.860	9.42	15.00
0.725	6.07	28.00	0.865	9.46	10.00
0.730	6.19	32.00	0.875	9.60	9.50
0.735	6.39	35.00	0.885	9.65	6.50
0.740	6.54	23.00	0.895	9.73	7.00
0.745	6.62	24.00	0.905	9.79	5.83
0.750	6.78	26.00	0.925	9.90	4.75
0.755	6.88	18.00	0.945	9.98	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1098 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.46 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2273 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02789 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00149 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05076 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.332
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.681
Total wt% H_2O_2	23.013

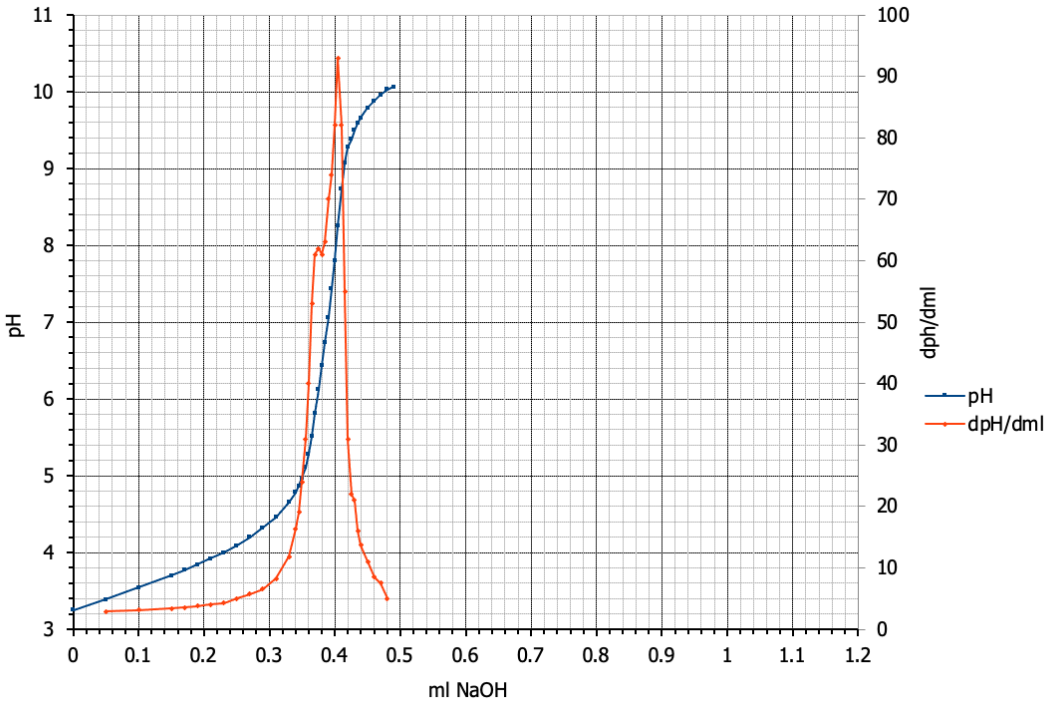
ตารางที่ ช.46 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.99	
0.050	3.12	2.70
0.100	3.26	2.80
0.150	3.40	2.80
0.200	3.54	2.90
0.250	3.69	3.20
0.300	3.86	3.83
0.320	3.94	3.75
0.340	4.01	4.00
0.360	4.10	4.25
0.380	4.18	4.50
0.400	4.28	5.50
0.420	4.40	7.00
0.440	4.56	9.00
0.460	4.76	14.67
0.470	4.93	19.00
0.480	5.14	28.00
0.490	5.49	49.50
0.500	6.13	39.50
0.510	6.28	58.33
0.515	6.68	66.00
0.520	6.94	47.00
0.525	7.15	43.00
0.530	7.37	35.00
0.535	7.50	20.00
0.540	7.57	25.00
0.545	7.75	38.00
0.550	7.95	44.00
0.555	8.19	54.00
0.560	8.49	62.00
0.565	8.81	57.00
0.570	9.06	41.00
0.575	9.22	30.00
0.580	9.36	24.00
0.585	9.46	19.00
0.590	9.55	16.00
0.595	9.62	13.00
0.605	9.73	10.00
0.615	9.82	8.50
0.625	9.90	7.50
0.635	9.97	6.50
0.645	10.03	6.50
0.655	10.10	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1037 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.47 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2380 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02789 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00145 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04934 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.730
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.480
Total wt% H_2O_2	21.210

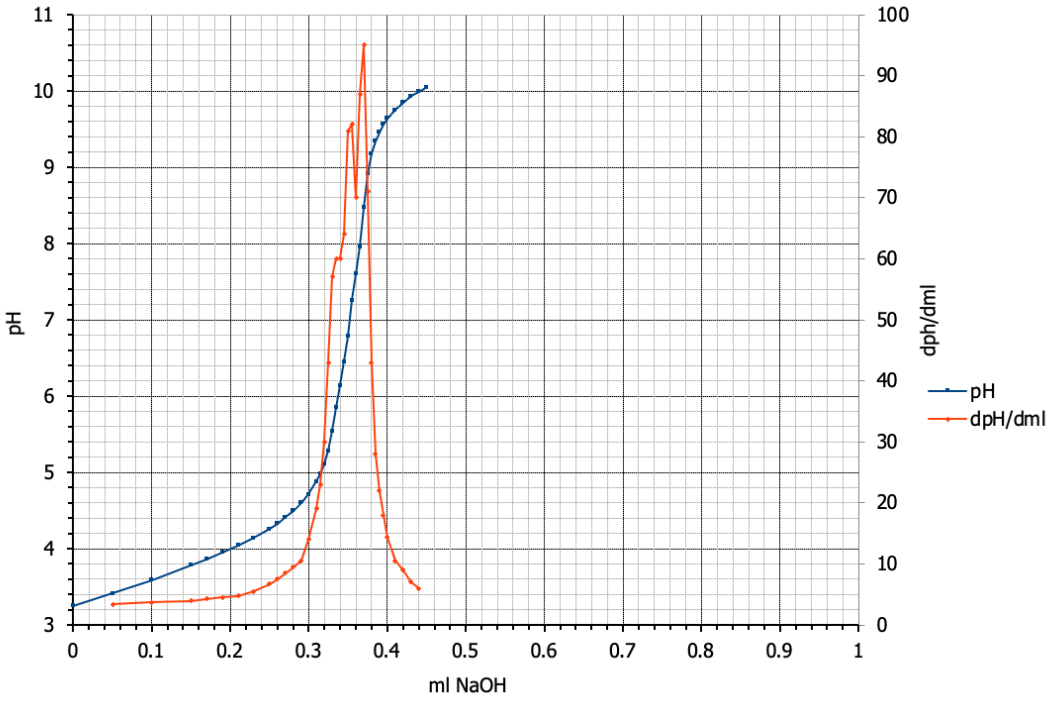
ตารางที่ ช.47 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.25	
0.050	3.39	2.90
0.100	3.54	3.10
0.150	3.70	3.41
0.170	3.77	3.50
0.190	3.84	3.75
0.210	3.92	4.00
0.230	4.00	4.25
0.250	4.09	5.00
0.270	4.20	5.75
0.290	4.32	6.50
0.310	4.46	8.25
0.330	4.65	11.83
0.340	4.78	16.33
0.345	4.87	19.00
0.350	4.97	24.00
0.355	5.11	31.00
0.360	5.28	40.00
0.365	5.51	53.00
0.370	5.81	61.00
0.375	6.12	62.00
0.380	6.43	61.00
0.385	6.73	63.00
0.390	7.06	70.00
0.395	7.43	74.00
0.400	7.80	82.00
0.405	8.25	93.00
0.410	8.73	82.00
0.415	9.07	55.00
0.420	9.28	31.00
0.425	9.38	22.00
0.430	9.50	21.00
0.435	9.59	16.00
0.440	9.66	13.67
0.450	9.79	11.00
0.460	9.88	8.50
0.470	9.96	7.50
0.480	10.03	5.00
0.490	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1120 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.48 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2225 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02992 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00126 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04299 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.323
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.222
Total wt% H_2O_2	19.545

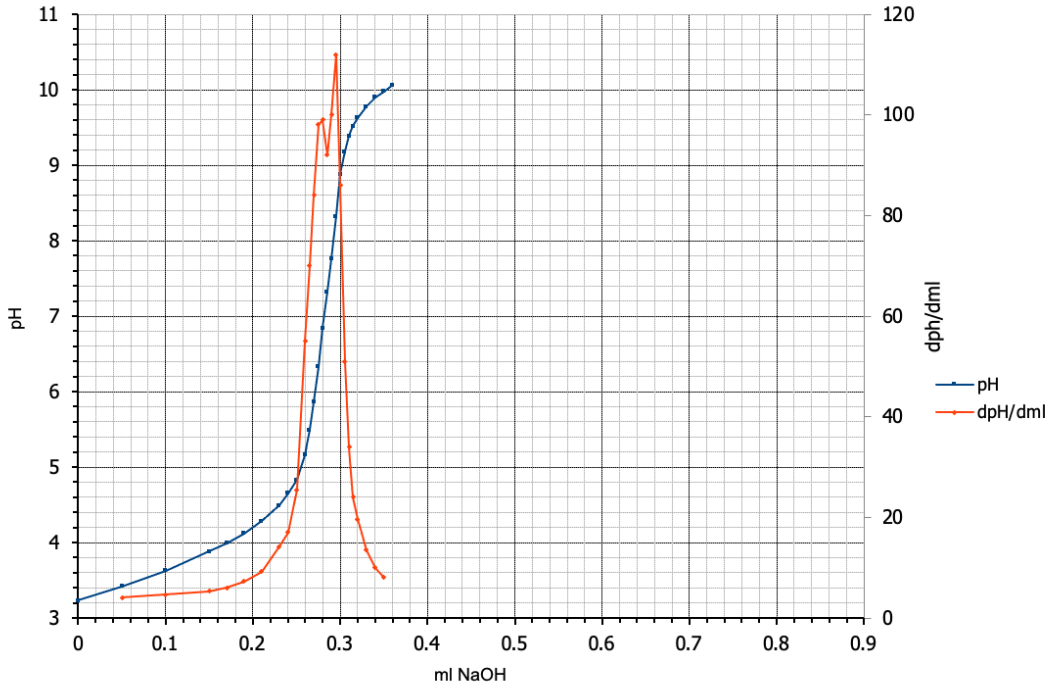
ตารางที่ ช.48 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.25	
0.050	3.41	3.40
0.100	3.59	3.70
0.150	3.78	3.94
0.170	3.86	4.25
0.190	3.95	4.50
0.210	4.04	4.75
0.230	4.14	5.50
0.250	4.26	6.67
0.260	4.33	7.50
0.270	4.41	8.50
0.280	4.50	9.50
0.290	4.60	10.50
0.300	4.71	14.00
0.310	4.88	19.00
0.315	4.98	23.00
0.320	5.11	30.00
0.325	5.28	43.00
0.330	5.54	57.00
0.335	5.85	60.00
0.340	6.14	60.00
0.345	6.45	64.00
0.350	6.78	81.00
0.355	7.26	82.00
0.360	7.60	70.00
0.365	7.96	87.00
0.370	8.47	95.00
0.375	8.91	71.00
0.380	9.18	43.00
0.385	9.34	28.00
0.390	9.46	22.00
0.395	9.56	18.00
0.400	9.64	14.33
0.410	9.75	10.50
0.420	9.85	9.00
0.430	9.93	7.00
0.440	9.99	6.00
0.450	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 4

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1124 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.49 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 4

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 4

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2270 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02992 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00123 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04172 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.379
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.222
Total wt% H_2O_2	18.601

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

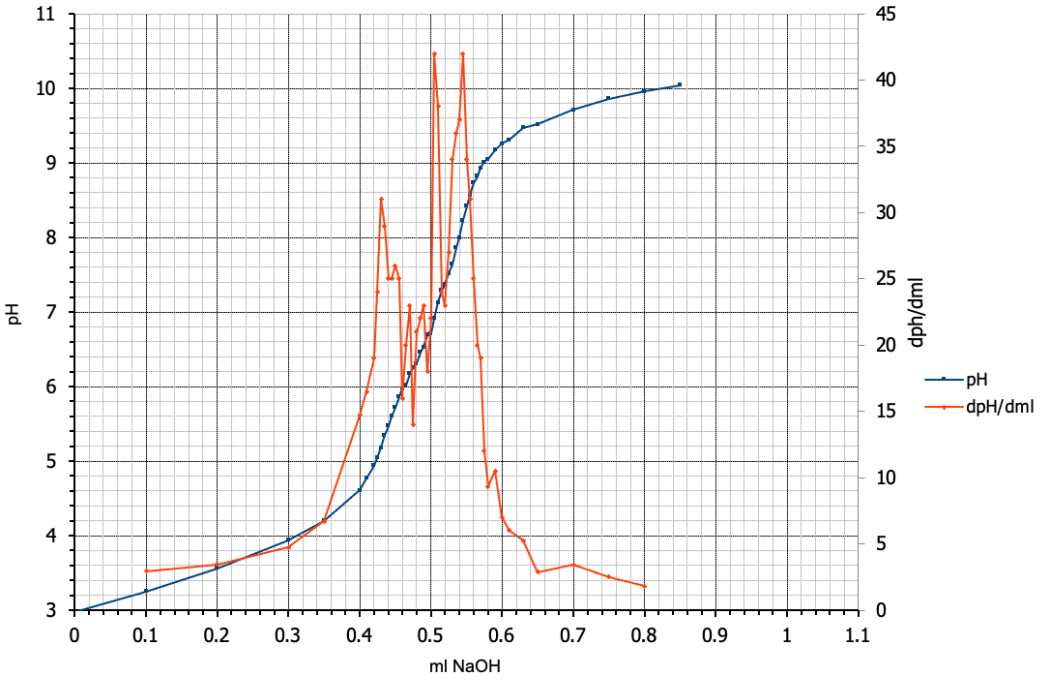
ตารางที่ ช.49 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.23	
0.050	3.42	4.00
0.100	3.63	4.60
0.150	3.88	5.36
0.170	3.99	6.00
0.190	4.12	7.25
0.210	4.28	9.25
0.230	4.49	14.17
0.240	4.65	17.00
0.250	4.83	25.50
0.260	5.16	55.00
0.265	5.49	70.00
0.270	5.86	84.00
0.275	6.33	98.00
0.280	6.84	99.00
0.285	7.32	92.00
0.290	7.76	100.00
0.295	8.32	112.00
0.300	8.88	86.00
0.305	9.18	51.00
0.310	9.39	34.00
0.315	9.52	24.00
0.320	9.63	19.67
0.330	9.78	13.50
0.340	9.90	10.00
0.350	9.98	8.00
0.360	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5035 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.50 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2142 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	13.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00101 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03427 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	15.998
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.247
Total wt% H_2O_2	16.245

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

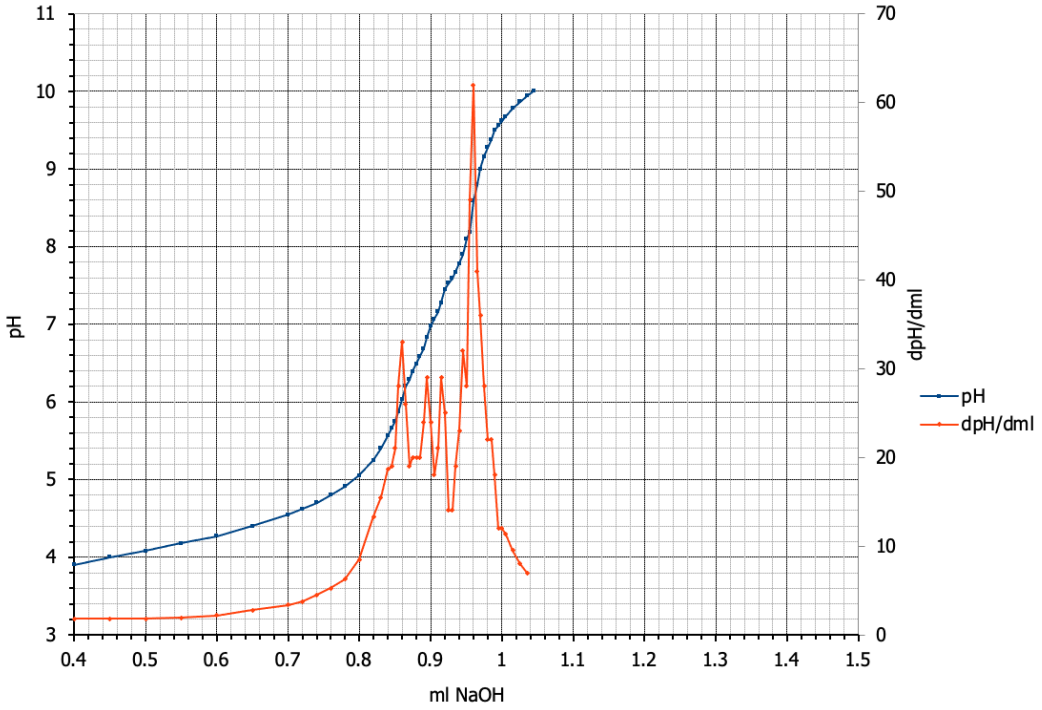
ตารางที่ ช.50 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.97	
0.100	3.25	2.95
0.200	3.56	3.45
0.300	3.94	4.73
0.350	4.20	6.70
0.400	4.61	14.70
0.410	4.77	16.50
0.420	4.94	19.00
0.425	5.04	24.00
0.430	5.18	31.00
0.435	5.35	29.00
0.440	5.47	25.00
0.445	5.60	25.00
0.450	5.72	26.00
0.455	5.86	25.00
0.460	5.97	16.00
0.465	6.02	20.00
0.470	6.17	23.00
0.475	6.25	14.00
0.480	6.31	21.00
0.485	6.46	22.00
0.490	6.53	23.00
0.495	6.69	18.00
0.500	6.71	22.00
0.505	6.91	42.00
0.510	7.13	38.00
0.515	7.29	24.00
0.520	7.37	23.00
0.525	7.52	27.00
0.530	7.64	34.00
0.535	7.86	36.00
0.540	8.00	37.00
0.545	8.23	42.00
0.550	8.42	34.00
0.555	8.57	31.00
0.560	8.73	25.00
0.565	8.82	20.00
0.570	8.93	19.00
0.575	9.01	12.00
0.580	9.05	9.33
0.590	9.17	10.50
0.600	9.26	7.00
0.610	9.31	6.00
0.630	9.47	5.25
0.650	9.52	2.87
0.700	9.71	3.40
0.750	9.86	2.50
0.800	9.96	1.80
0.850	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1147 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.51 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2171 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	26.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02992 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00199 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06767 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.170
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.448
Total wt% H_2O_2	32.618

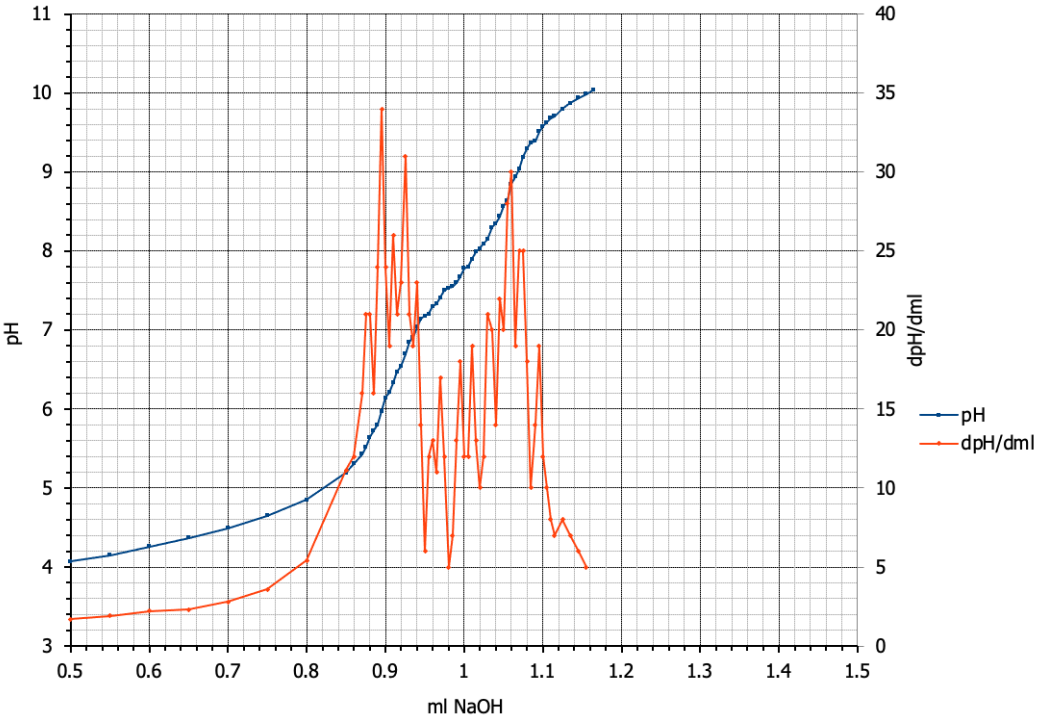
ตารางที่ ช.51 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.21	
0.050	3.29	1.70
0.100	3.38	1.70
0.150	3.46	1.70
0.200	3.55	1.90
0.250	3.65	1.80
0.300	3.73	1.70
0.350	3.82	1.70
0.400	3.90	1.80
0.450	4.00	1.80
0.500	4.08	1.80
0.550	4.18	1.90
0.600	4.27	2.20
0.650	4.40	2.80
0.700	4.55	3.36
0.720	4.62	3.75
0.740	4.70	4.50
0.760	4.80	5.25
0.780	4.91	6.25
0.800	5.05	8.50
0.820	5.25	13.33
0.830	5.40	15.50
0.840	5.56	18.67
0.845	5.66	19.00
0.850	5.75	21.00
0.855	5.87	28.00
0.860	6.03	33.00
0.865	6.20	26.00
0.870	6.29	19.00
0.875	6.39	20.00
0.880	6.49	20.00
0.885	6.59	20.00
0.890	6.69	24.00
0.895	6.83	29.00
0.900	6.98	24.00
0.905	7.07	18.00
0.910	7.16	21.00
0.915	7.28	29.00
0.920	7.45	25.00
0.925	7.53	14.00
0.930	7.59	14.00
0.935	7.67	19.00
0.940	7.78	23.00
0.945	7.90	32.00
0.950	8.10	28.00
0.955	8.18	49.00
0.960	8.59	62.00
0.965	8.80	41.00
0.970	9.00	36.00
0.975	9.16	28.00
0.980	9.28	22.00
0.985	9.38	22.00
0.990	9.50	18.00
0.995	9.56	12.00
1.000	9.62	12.00
1.005	9.68	11.33
1.015	9.78	9.50
1.025	9.87	8.00
1.035	9.94	7.00
1.045	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1320 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.52 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2280 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	27.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02992 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00204 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06945 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.461
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.076
Total wt% H_2O_2	32.537

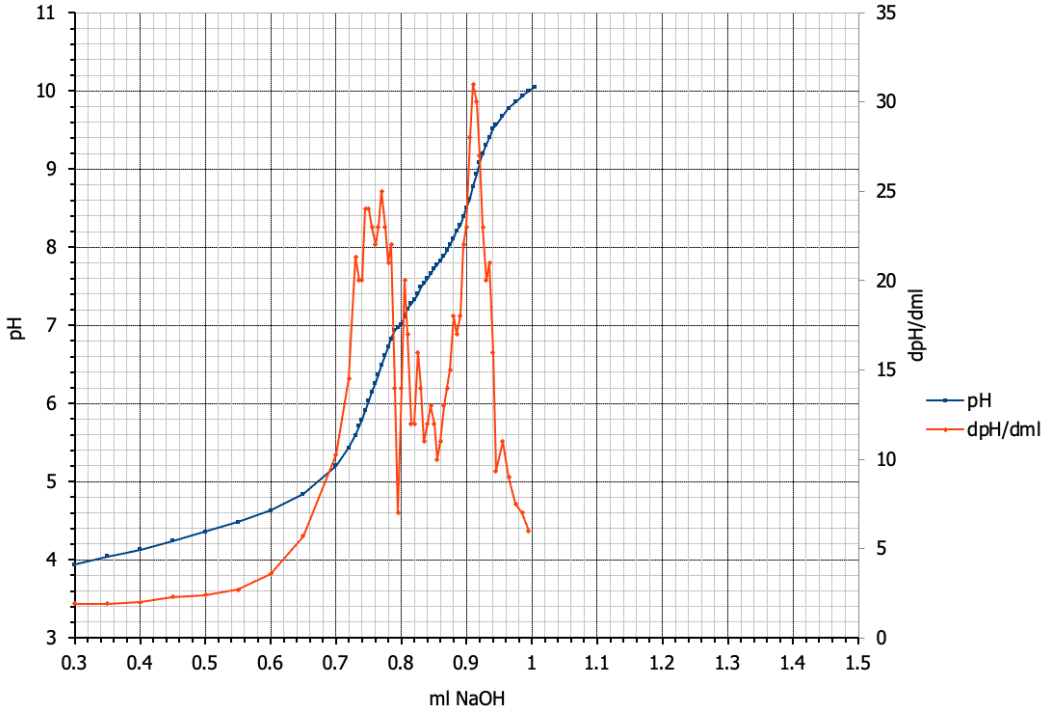
ตารางที่ ช.52 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.23	
0.050	3.30	1.60
0.100	3.39	1.60
0.150	3.46	1.60
0.200	3.55	1.80
0.250	3.64	1.70
0.300	3.72	1.70
0.350	3.81	1.70
0.400	3.89	1.70
0.450	3.98	1.80
0.500	4.07	1.70
0.550	4.15	1.90
0.600	4.26	2.20
0.650	4.37	2.30
0.700	4.49	2.80
0.750	4.65	3.60
0.800	4.85	5.40
0.850	5.19	11.13
0.860	5.31	12.00
0.870	5.43	16.00
0.875	5.52	21.00
0.880	5.64	21.00
0.885	5.73	16.00
0.890	5.80	24.00
0.895	5.97	34.00
0.900	6.14	24.00
0.905	6.21	19.00
0.910	6.33	26.00
0.915	6.47	21.00
0.920	6.54	23.00
0.925	6.70	31.00
0.930	6.85	21.00
0.935	6.91	19.00
0.940	7.04	23.00
0.945	7.14	14.00
0.950	7.18	6.00
0.955	7.20	12.00
0.960	7.30	13.00
0.965	7.33	11.00
0.970	7.41	17.00
0.975	7.50	12.00
0.980	7.53	5.00
0.985	7.55	7.00
0.990	7.60	13.00
0.995	7.68	18.00
1.000	7.78	12.00
1.005	7.80	12.00
1.010	7.90	19.00
1.015	7.99	13.00
1.020	8.03	10.00
1.025	8.09	12.00
1.030	8.15	21.00
1.035	8.30	20.00
1.040	8.35	14.00
1.045	8.44	22.00
1.050	8.57	20.00
1.055	8.64	28.00
1.060	8.85	30.00
1.065	8.94	19.00
1.070	9.04	25.00
1.075	9.19	25.00
1.080	9.29	18.00
1.085	9.37	10.00
1.090	9.39	14.00
1.095	9.51	19.00
1.100	9.58	12.00
1.105	9.63	10.00
1.110	9.68	8.00
1.115	9.71	7.00
1.125	9.80	8.00
1.135	9.87	7.00
1.145	9.94	6.00
1.155	9.99	5.00
1.165	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1140 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.53 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2267 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	26.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02992 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00201 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06843 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.187
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.039
Total wt% H_2O_2	32.226

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

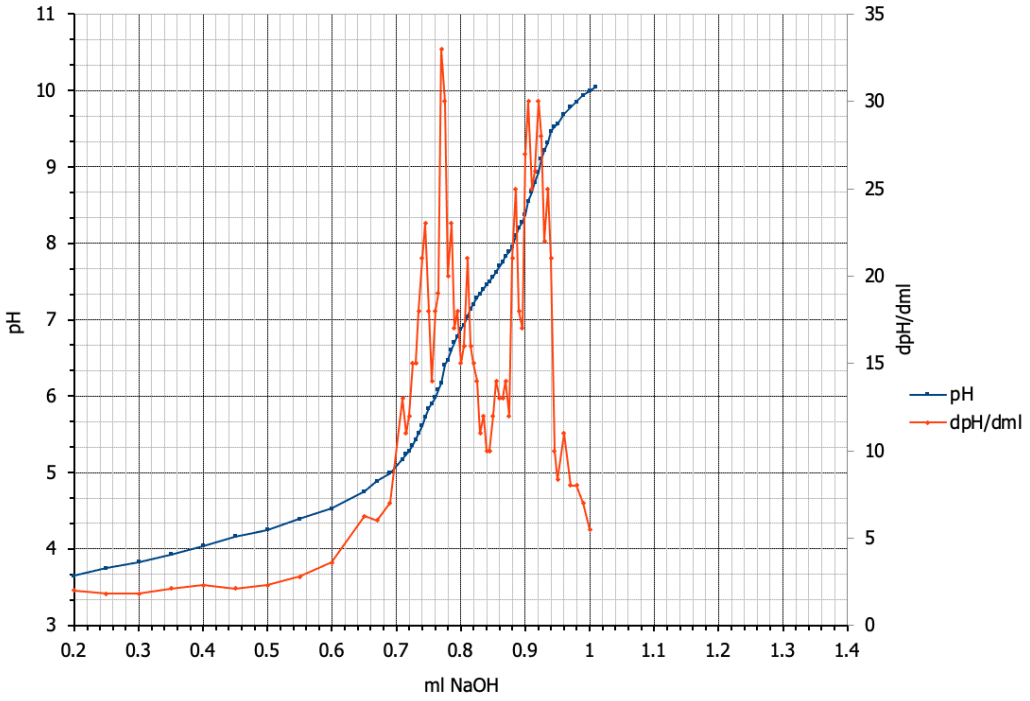
ตารางที่ ช.53 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.36	
0.050	3.45	2.00
0.100	3.56	2.00
0.150	3.65	1.80
0.200	3.74	2.00
0.250	3.85	2.00
0.300	3.94	1.90
0.350	4.04	1.90
0.400	4.13	2.00
0.450	4.24	2.30
0.500	4.36	2.40
0.550	4.48	2.70
0.600	4.63	3.60
0.650	4.84	5.70
0.700	5.20	10.27
0.720	5.43	14.50
0.730	5.59	21.33
0.735	5.71	20.00
0.740	5.79	20.00
0.745	5.91	24.00
0.750	6.03	24.00
0.755	6.15	23.00
0.760	6.26	22.00
0.765	6.37	23.00
0.770	6.49	25.00
0.775	6.62	23.00
0.780	6.72	21.00
0.785	6.83	22.00
0.790	6.94	14.00
0.795	6.97	7.00
0.800	7.01	14.00
0.805	7.11	20.00
0.810	7.21	17.00
0.815	7.28	12.00
0.820	7.33	12.00
0.825	7.40	16.00
0.830	7.49	14.00
0.835	7.54	11.00
0.840	7.60	12.00
0.845	7.66	13.00
0.850	7.73	12.00
0.855	7.78	10.00
0.860	7.83	11.00
0.865	7.89	13.00
0.870	7.96	14.00
0.875	8.03	15.00
0.880	8.11	18.00
0.885	8.21	17.00
0.890	8.28	18.00
0.895	8.39	22.00
0.900	8.50	23.00
0.905	8.62	28.00
0.910	8.78	31.00
0.915	8.93	30.00
0.920	9.08	27.00
0.925	9.20	23.00
0.930	9.31	20.00
0.935	9.40	21.00
0.940	9.52	16.00
0.945	9.56	9.33
0.955	9.68	11.00
0.965	9.78	9.00
0.975	9.86	7.50
0.985	9.93	7.00
0.995	10.00	6.00
1.005	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1150 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.54 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.3538 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	41.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02992 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00311 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.10583 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.912
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.949
Total wt% H_2O_2	31.862

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

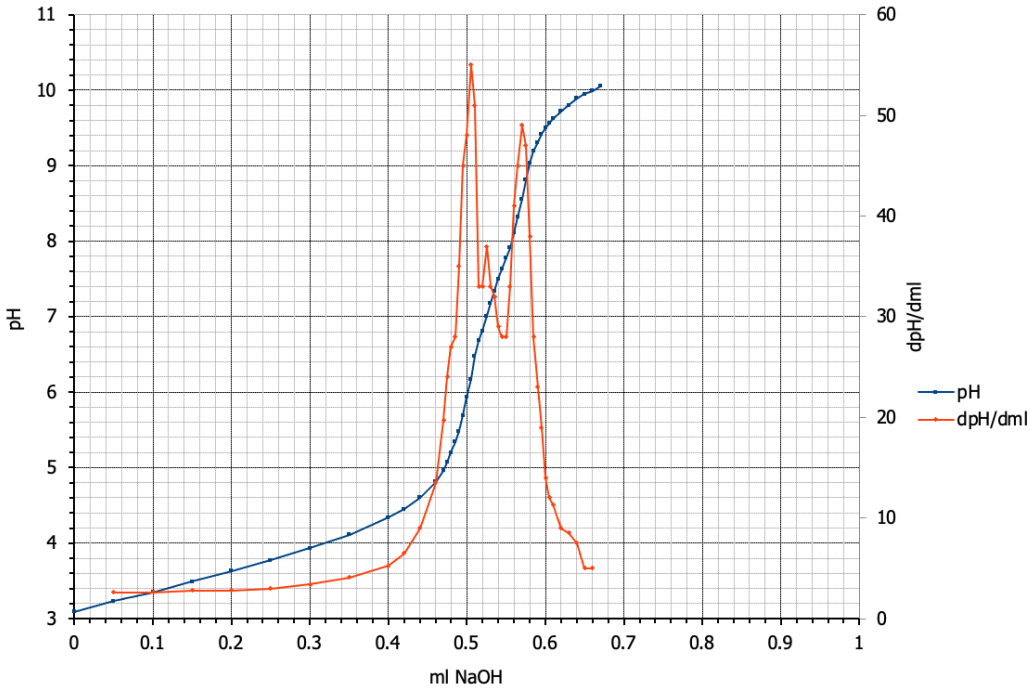
ตารางที่ ช.54 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.24	
0.050	3.36	2.00
0.100	3.44	1.90
0.150	3.55	2.10
0.200	3.65	2.00
0.250	3.75	1.80
0.300	3.83	1.80
0.350	3.93	2.10
0.400	4.04	2.30
0.450	4.16	2.10
0.500	4.25	2.30
0.550	4.39	2.80
0.600	4.53	3.60
0.650	4.75	6.26
0.670	4.89	6.00
0.690	4.99	7.00
0.710	5.17	13.00
0.715	5.24	11.00
0.720	5.28	12.00
0.725	5.36	15.00
0.730	5.43	15.00
0.735	5.51	18.00
0.740	5.61	21.00
0.745	5.72	23.00
0.750	5.84	18.00
0.755	5.90	14.00
0.760	5.98	18.00
0.765	6.08	19.00
0.770	6.17	33.00
0.775	6.41	30.00
0.780	6.47	20.00
0.785	6.61	23.00
0.790	6.70	17.00
0.795	6.78	18.00
0.800	6.88	15.00
0.805	6.93	16.00
0.810	7.04	21.00
0.815	7.14	16.00
0.820	7.20	15.00
0.825	7.29	14.00
0.830	7.34	11.00
0.835	7.40	12.00
0.840	7.46	10.00
0.845	7.50	10.00
0.850	7.56	12.00
0.855	7.62	14.00
0.860	7.70	13.00
0.865	7.75	13.00
0.870	7.83	14.00
0.875	7.89	12.00
0.880	7.95	21.00
0.885	8.10	25.00
0.890	8.20	18.00
0.895	8.28	17.00
0.900	8.37	27.00
0.905	8.55	30.00
0.910	8.67	25.00
0.915	8.80	26.00
0.920	8.93	30.00
0.925	9.10	28.00
0.930	9.21	22.00
0.935	9.32	25.00
0.940	9.46	21.00
0.945	9.53	10.00
0.950	9.56	8.33
0.960	9.69	11.00
0.970	9.78	8.00
0.980	9.85	8.00
0.990	9.94	7.00
1.000	9.99	5.50
1.010	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1094 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.55 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2134 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00152 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05169 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.222
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.987
Total wt% H_2O_2	25.209

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

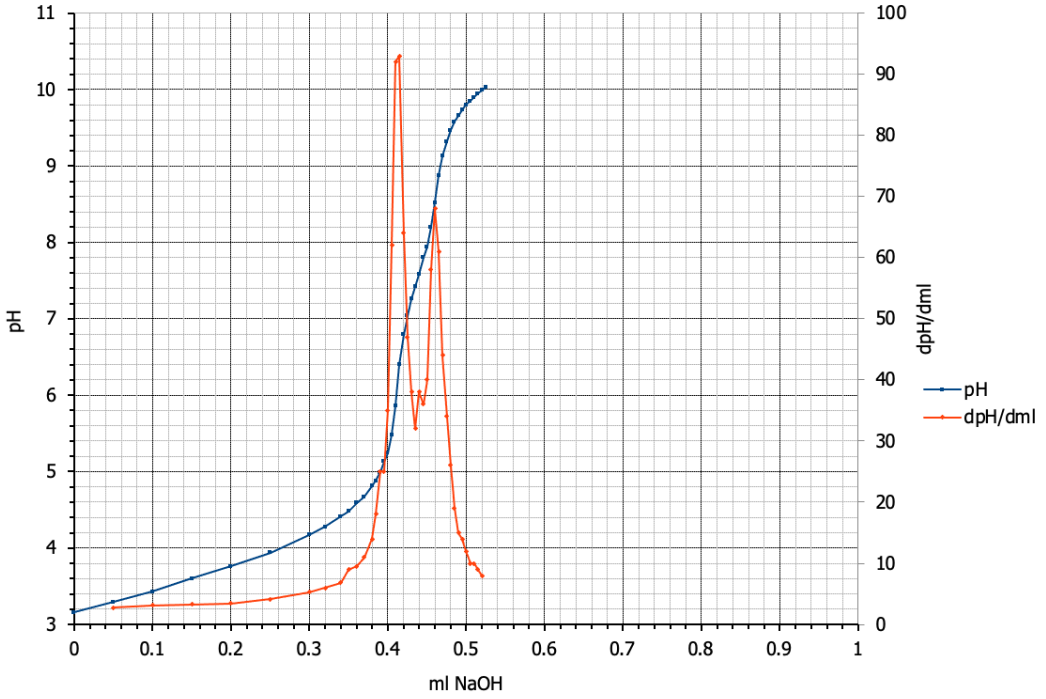
ตารางที่ ช.55 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.09	
0.050	3.23	2.60
0.100	3.35	2.60
0.150	3.49	2.80
0.200	3.63	2.80
0.250	3.77	3.00
0.300	3.93	3.40
0.350	4.11	4.10
0.400	4.34	5.24
0.420	4.45	6.50
0.440	4.60	9.00
0.460	4.81	13.50
0.470	4.96	19.67
0.475	5.07	24.00
0.480	5.20	27.00
0.485	5.34	28.00
0.490	5.48	35.00
0.495	5.69	45.00
0.500	5.93	48.00
0.505	6.17	55.00
0.510	6.48	51.00
0.515	6.68	33.00
0.520	6.81	33.00
0.525	7.01	37.00
0.530	7.18	33.00
0.535	7.34	32.00
0.540	7.50	29.00
0.545	7.63	28.00
0.550	7.78	28.00
0.555	7.91	33.00
0.560	8.11	41.00
0.565	8.32	45.00
0.570	8.56	49.00
0.575	8.81	47.00
0.580	9.03	38.00
0.585	9.19	28.00
0.590	9.31	23.00
0.595	9.42	19.00
0.600	9.50	14.00
0.605	9.56	12.00
0.610	9.62	11.33
0.620	9.72	9.00
0.630	9.80	8.50
0.640	9.89	7.50
0.650	9.95	5.00
0.660	9.99	5.00
0.670	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1125 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.56 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2351 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00149 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05072 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	21.572
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.664
Total wt% H_2O_2	22.236

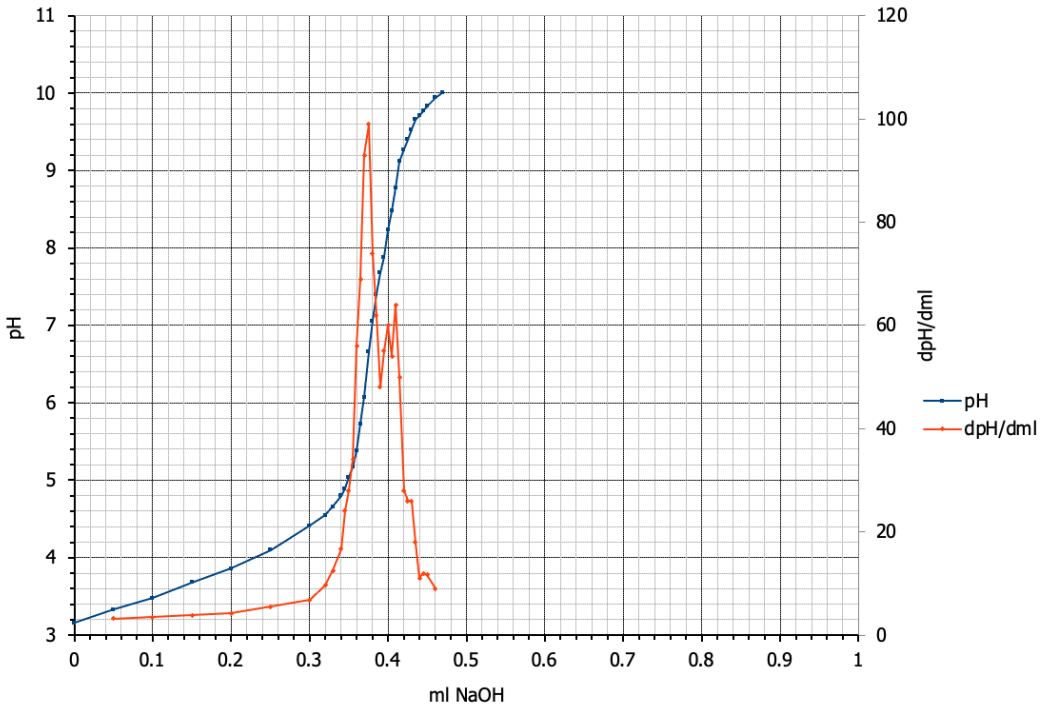
ตารางที่ ช.56 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.16	
0.050	3.29	2.70
0.100	3.43	3.10
0.150	3.60	3.30
0.200	3.76	3.40
0.250	3.94	4.10
0.300	4.17	5.24
0.320	4.28	6.00
0.340	4.41	6.83
0.350	4.48	9.00
0.360	4.59	9.50
0.370	4.67	11.00
0.380	4.81	14.00
0.385	4.88	18.00
0.390	4.99	25.00
0.395	5.13	25.00
0.400	5.24	35.00
0.405	5.48	62.00
0.410	5.86	92.00
0.415	6.40	93.00
0.420	6.79	64.00
0.425	7.04	47.00
0.430	7.26	38.00
0.435	7.42	32.00
0.440	7.58	38.00
0.445	7.80	36.00
0.450	7.94	40.00
0.455	8.20	58.00
0.460	8.52	68.00
0.465	8.88	61.00
0.470	9.13	44.00
0.475	9.32	34.00
0.480	9.47	26.00
0.485	9.58	19.00
0.490	9.66	15.00
0.495	9.73	14.00
0.500	9.80	12.00
0.505	9.85	10.00
0.510	9.90	10.00
0.515	9.95	9.00
0.520	9.99	8.00
0.525	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1164 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.57 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2153 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00126 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04291 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	19.932
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.499
Total wt% H_2O_2	20.431

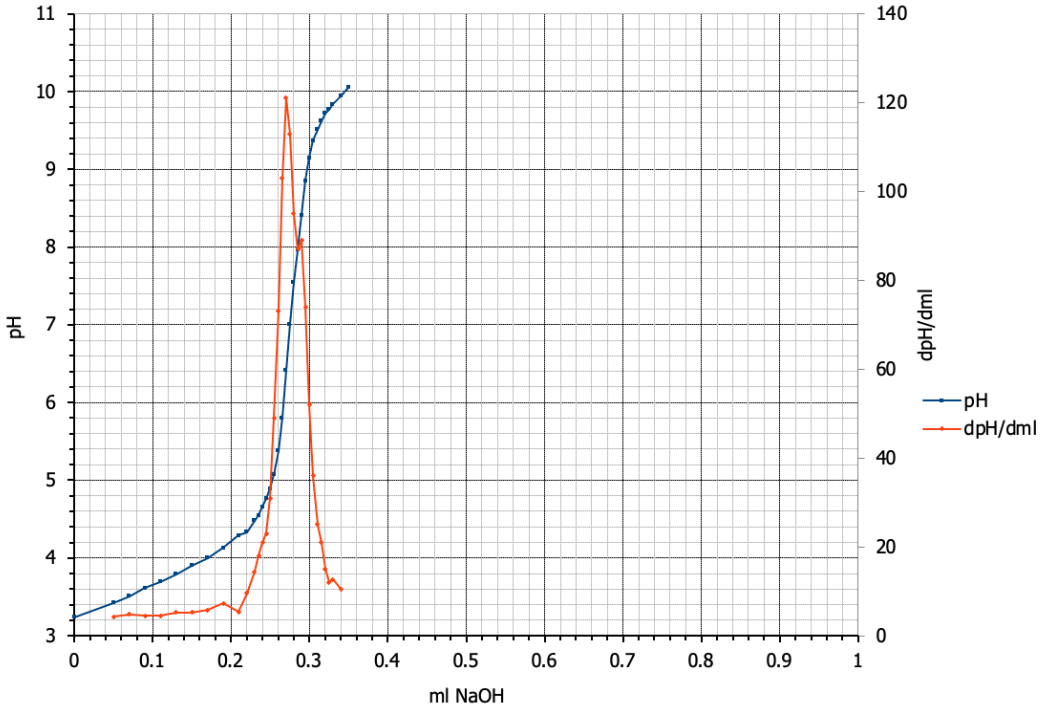
ตารางที่ ช.57 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.16	
0.050	3.33	3.20
0.100	3.48	3.50
0.150	3.68	3.80
0.200	3.86	4.20
0.250	4.10	5.50
0.300	4.41	6.77
0.320	4.55	9.67
0.330	4.66	12.50
0.340	4.80	16.67
0.345	4.89	24.00
0.350	5.04	28.00
0.355	5.17	34.00
0.360	5.38	56.00
0.365	5.73	69.00
0.370	6.07	93.00
0.375	6.66	99.00
0.380	7.06	74.00
0.385	7.40	62.00
0.390	7.68	48.00
0.395	7.88	55.00
0.400	8.23	60.00
0.405	8.48	54.00
0.410	8.77	64.00
0.415	9.12	50.00
0.420	9.27	28.00
0.425	9.40	26.00
0.430	9.53	26.00
0.435	9.66	18.00
0.440	9.71	11.00
0.445	9.77	12.00
0.450	9.83	11.67
0.460	9.94	9.00
0.470	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml วันที่ 4

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1044 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.58 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 4

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2173 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00120 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04072 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.738
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.318
Total wt% H_2O_2	19.056

ตารางที่ ช.58 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 4

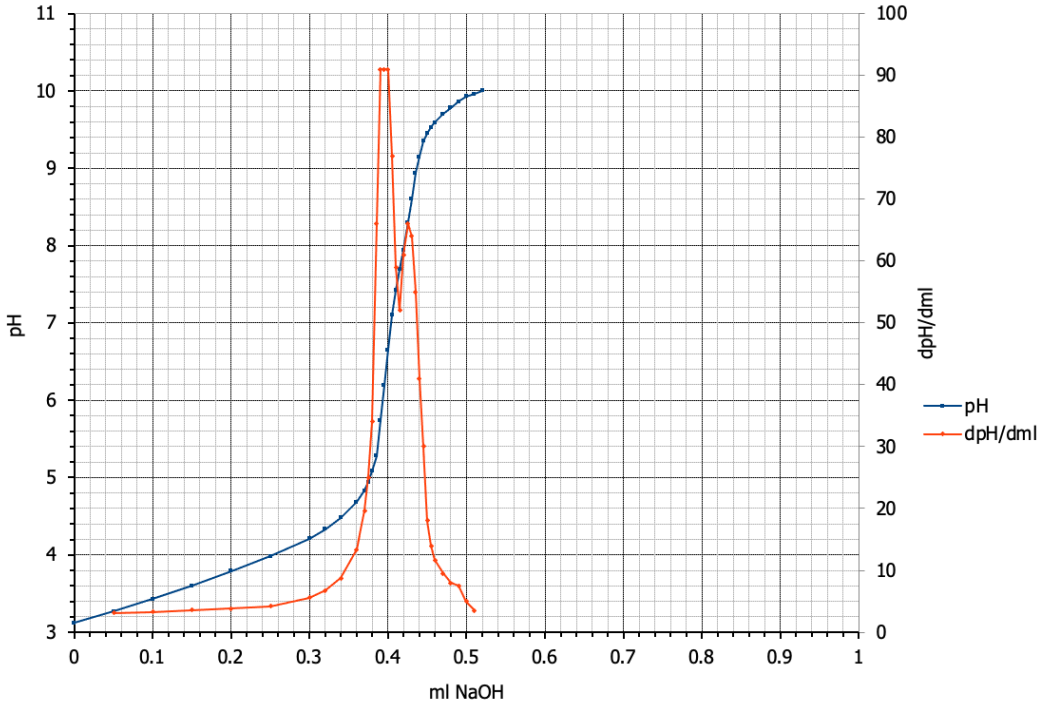
ml	pH	dpH/dml
0.000	3.24	
0.050	3.42	4.24
0.070	3.51	4.75
0.090	3.61	4.50
0.110	3.69	4.50
0.130	3.79	5.25
0.150	3.90	5.25
0.170	4.00	5.75
0.190	4.13	7.25
0.210	4.29	5.33
0.220	4.33	9.50
0.230	4.48	14.33
0.235	4.55	18.00
0.240	4.66	21.00
0.245	4.76	23.00
0.250	4.89	31.00
0.255	5.07	49.00
0.260	5.38	73.00
0.265	5.80	103.00
0.270	6.41	121.00
0.275	7.01	113.00
0.280	7.54	95.00
0.285	7.96	87.00
0.290	8.41	89.00
0.295	8.85	74.00
0.300	9.15	52.00
0.305	9.37	36.00
0.310	9.51	25.00

ml	pH	dpH/dml
0.315	9.62	21.00
0.320	9.72	15.00
0.325	9.77	12.00
0.330	9.84	12.67
0.340	9.94	10.50
0.350	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 2 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2218 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.59 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2159 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	14.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00105 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03560 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	16.488
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.225
Total wt% H_2O_2	16.713

ตารางที่ ช.59 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

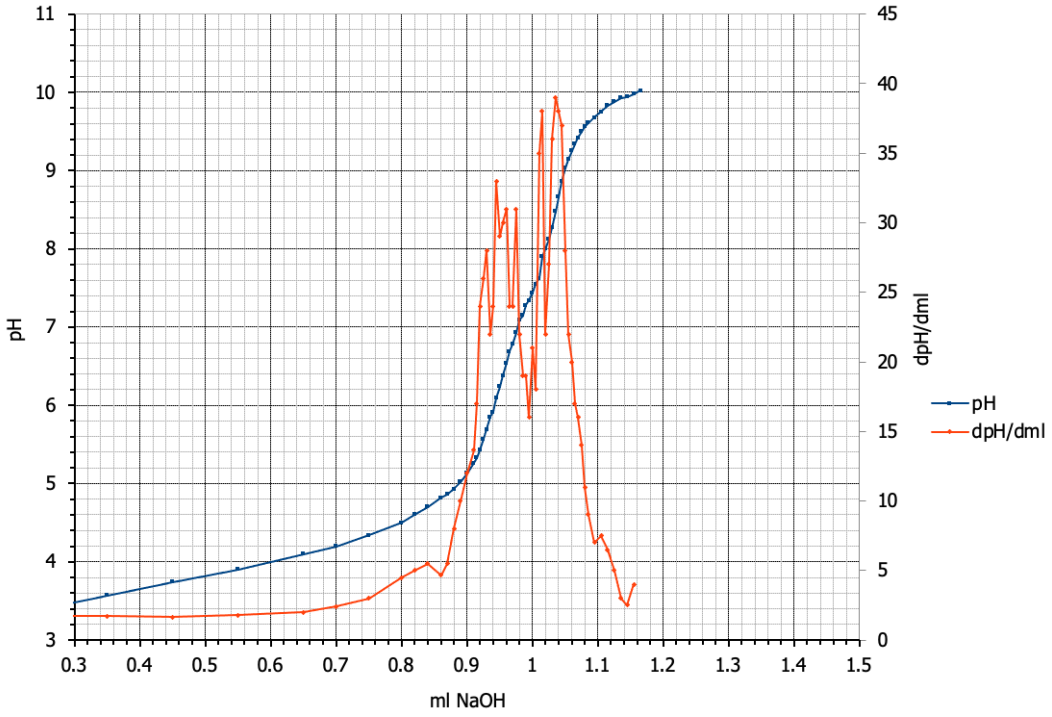
ml	pH	dpH/dml
0.000	3.12	
0.050	3.27	3.10
0.100	3.43	3.30
0.150	3.60	3.60
0.200	3.79	3.80
0.250	3.98	4.20
0.300	4.21	5.60
0.320	4.33	6.75
0.340	4.48	8.75
0.360	4.68	13.33
0.370	4.83	19.67
0.375	4.94	25.00
0.380	5.08	34.00
0.385	5.28	66.00
0.390	5.74	91.00
0.395	6.19	91.00
0.400	6.65	91.00
0.405	7.10	77.00
0.410	7.42	59.00
0.415	7.69	52.00
0.420	7.94	61.00
0.425	8.30	66.00
0.430	8.60	64.00
0.435	8.94	55.00
0.440	9.15	41.00
0.445	9.35	30.00
0.450	9.45	18.00
0.455	9.53	14.00

ml	pH	dpH/dml
0.460	9.59	11.67
0.470	9.70	9.50
0.480	9.78	8.00
0.490	9.86	7.50
0.500	9.93	5.00
0.510	9.96	3.50
0.520	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1192 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.60 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2191 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	28.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00204 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06925 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	31.604
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.212
Total wt% H_2O_2	32.817

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

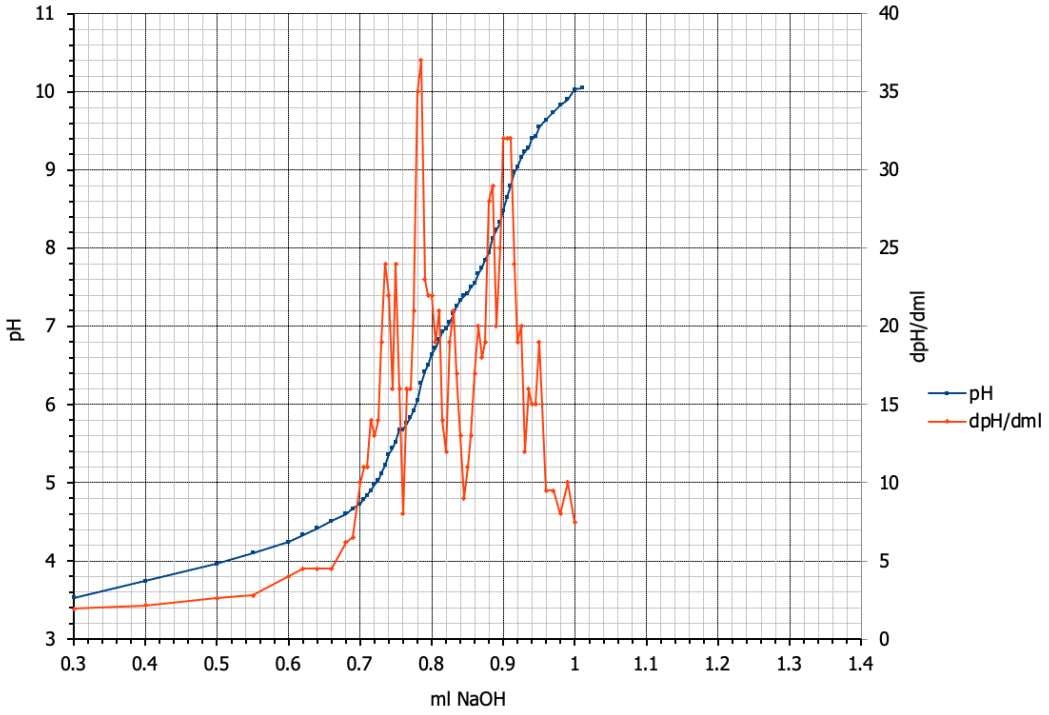
ตารางที่ ช.60 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.99	
0.050	3.07	1.60
0.100	3.15	1.60
0.150	3.23	1.63
0.250	3.40	1.70
0.350	3.57	1.70
0.450	3.74	1.65
0.550	3.90	1.80
0.650	4.10	2.00
0.700	4.20	2.40
0.750	4.34	3.00
0.800	4.50	4.49
0.820	4.60	5.00
0.840	4.70	5.50
0.860	4.82	4.67
0.870	4.86	5.50
0.880	4.93	8.00
0.890	5.02	10.00
0.900	5.13	12.00
0.910	5.26	13.67
0.915	5.33	17.00
0.920	5.43	24.00
0.925	5.57	26.00
0.930	5.69	28.00
0.935	5.85	22.00
0.940	5.91	24.00
0.945	6.09	33.00
0.950	6.24	29.00
0.955	6.38	30.00
0.960	6.54	31.00
0.965	6.69	24.00
0.970	6.78	24.00
0.975	6.93	31.00
0.980	7.09	22.00
0.985	7.15	19.00
0.990	7.28	19.00
0.995	7.34	16.00
1.000	7.44	21.00
1.005	7.55	18.00
1.010	7.62	35.00
1.015	7.90	38.00
1.020	8.00	22.00
1.025	8.12	27.00
1.030	8.27	36.00
1.035	8.48	39.00
1.040	8.66	38.00
1.045	8.86	37.00
1.050	9.03	28.00
1.055	9.14	22.00
1.060	9.25	20.00
1.065	9.34	17.00
1.070	9.42	16.00
1.075	9.50	14.00
1.080	9.56	11.00
1.085	9.61	9.00
1.095	9.68	7.00
1.105	9.75	7.50
1.115	9.83	6.50
1.125	9.88	5.00
1.135	9.93	3.00
1.145	9.94	2.50
1.155	9.98	4.00
1.165	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1082 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.61 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2297 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	28.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00206 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06998 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	30.464
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.842
Total wt% H_2O_2	32.306

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

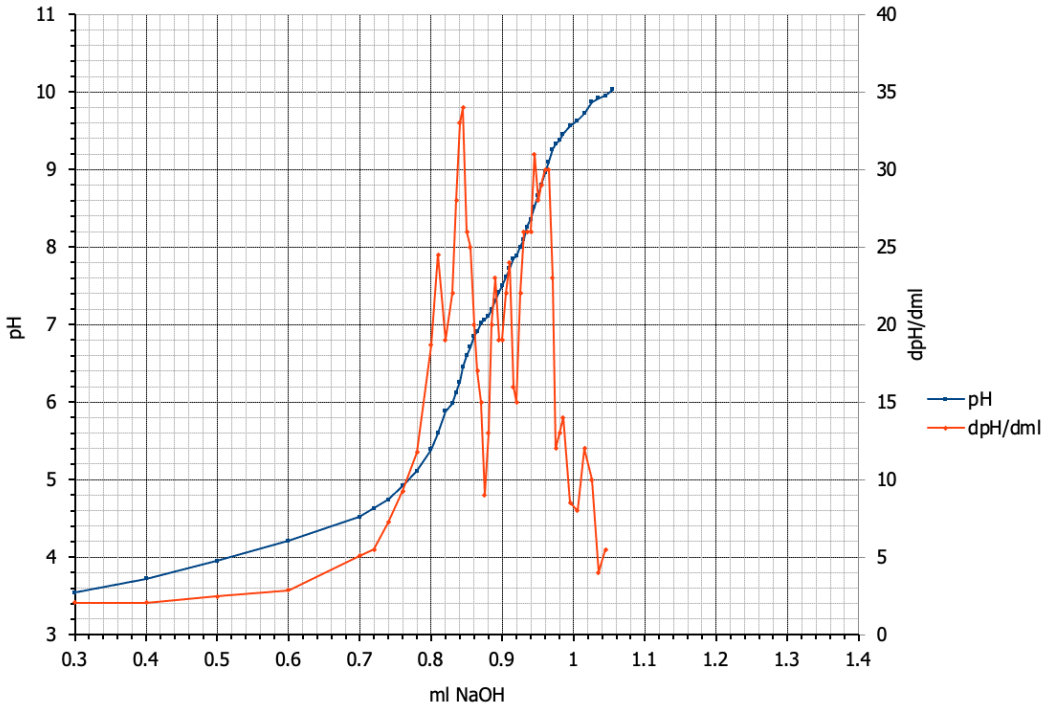
ตารางที่ ช.61 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.94	
0.100	3.14	2.05
0.200	3.35	1.95
0.300	3.53	1.95
0.400	3.74	2.15
0.500	3.96	2.60
0.550	4.10	2.80
0.600	4.24	4.01
0.620	4.33	4.50
0.640	4.42	4.50
0.660	4.51	4.50
0.680	4.60	6.17
0.690	4.67	6.50
0.700	4.73	10.00
0.705	4.79	11.00
0.710	4.84	11.00
0.715	4.90	14.00
0.720	4.98	13.00
0.725	5.03	14.00
0.730	5.12	19.00
0.735	5.22	24.00
0.740	5.36	22.00
0.745	5.44	16.00
0.750	5.52	24.00
0.755	5.68	16.00
0.760	5.68	8.00
0.765	5.76	16.00
0.770	5.84	16.00
0.775	5.92	21.00
0.780	6.05	35.00
0.785	6.27	37.00
0.790	6.42	23.00
0.795	6.50	22.00
0.800	6.64	22.00
0.805	6.72	19.00
0.810	6.83	21.00
0.815	6.93	14.00
0.820	6.97	12.00
0.825	7.05	19.00
0.830	7.16	21.00
0.835	7.26	17.00
0.840	7.33	13.00
0.845	7.39	9.00
0.850	7.42	11.00
0.855	7.50	13.00
0.860	7.55	17.00
0.865	7.67	20.00
0.870	7.75	18.00
0.875	7.85	19.00
0.880	7.94	28.00
0.885	8.13	29.00
0.890	8.23	20.00
0.895	8.33	25.00
0.900	8.48	32.00
0.905	8.65	32.00
0.910	8.80	32.00
0.915	8.97	24.00
0.920	9.04	19.00
0.925	9.16	20.00
0.930	9.24	12.00
0.935	9.28	16.00
0.940	9.40	15.00
0.945	9.43	15.00
0.950	9.55	19.00
0.960	9.64	9.50
0.970	9.74	9.50
0.980	9.83	8.00
0.990	9.90	10.00
1.000	10.03	7.50
1.010	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1166 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.62 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2482 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	29.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00209 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.07095 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.587
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.424
Total wt% H_2O_2	30.011

ตารางที่ ช.62 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

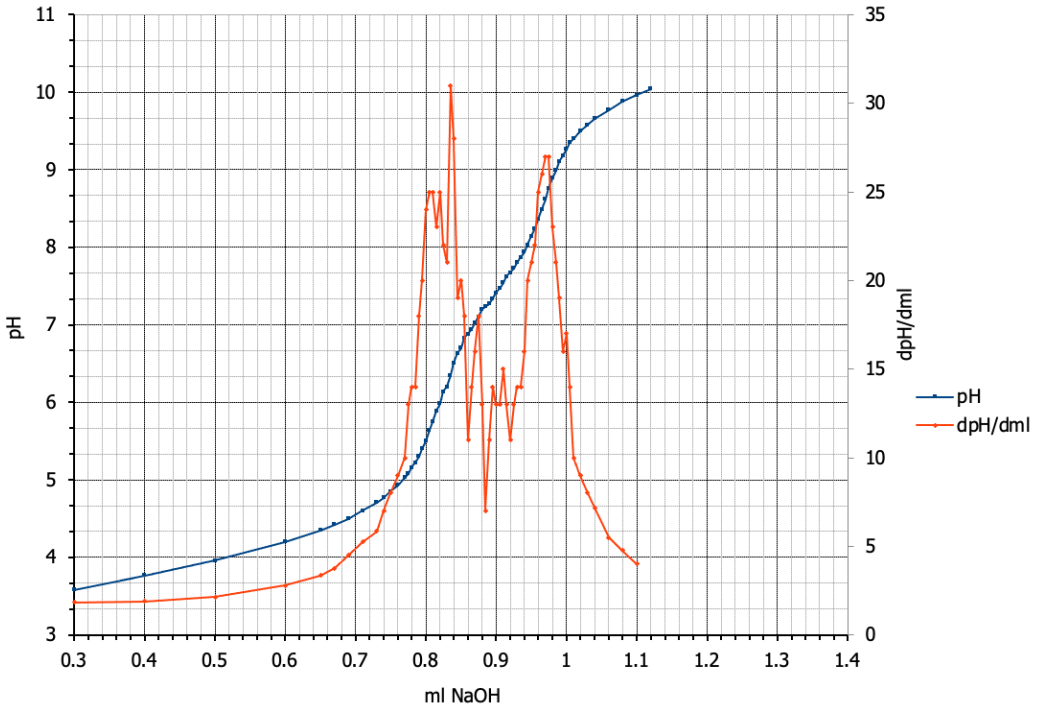
ml	pH	dpH/dml
0.000	2.92	
0.100	3.11	1.95
0.200	3.31	2.15
0.300	3.54	2.05
0.400	3.72	2.05
0.500	3.95	2.45
0.600	4.21	2.85
0.700	4.52	5.10
0.720	4.63	5.50
0.740	4.74	7.25
0.760	4.92	9.25
0.780	5.11	11.75
0.800	5.39	18.67
0.810	5.60	24.50
0.820	5.88	19.00
0.830	5.98	22.00
0.835	6.12	28.00
0.840	6.26	33.00
0.845	6.45	34.00
0.850	6.60	26.00
0.855	6.71	25.00
0.860	6.85	20.00
0.865	6.91	17.00
0.870	7.02	15.00
0.875	7.06	9.00
0.880	7.11	13.00
0.885	7.19	20.00
0.890	7.31	23.00

ml	pH	dpH/dml
0.895	7.42	19.00
0.900	7.50	19.00
0.905	7.61	22.00
0.910	7.72	24.00
0.915	7.85	16.00
0.920	7.88	15.00
0.925	8.00	22.00
0.930	8.10	26.00
0.935	8.26	26.00
0.940	8.36	26.00
0.945	8.52	31.00
0.950	8.67	28.00
0.955	8.80	29.00
0.960	8.96	30.00
0.965	9.10	30.00
0.970	9.26	23.00
0.975	9.33	12.00
0.980	9.38	13.00
0.985	9.46	14.00
0.995	9.56	8.50
1.005	9.63	8.00
1.015	9.72	12.00
1.025	9.87	10.00
1.035	9.92	4.00
1.045	9.95	5.50
1.055	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1197 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.63 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2232 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00179 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06096 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	27.310
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.873
Total wt% H_2O_2	29.183

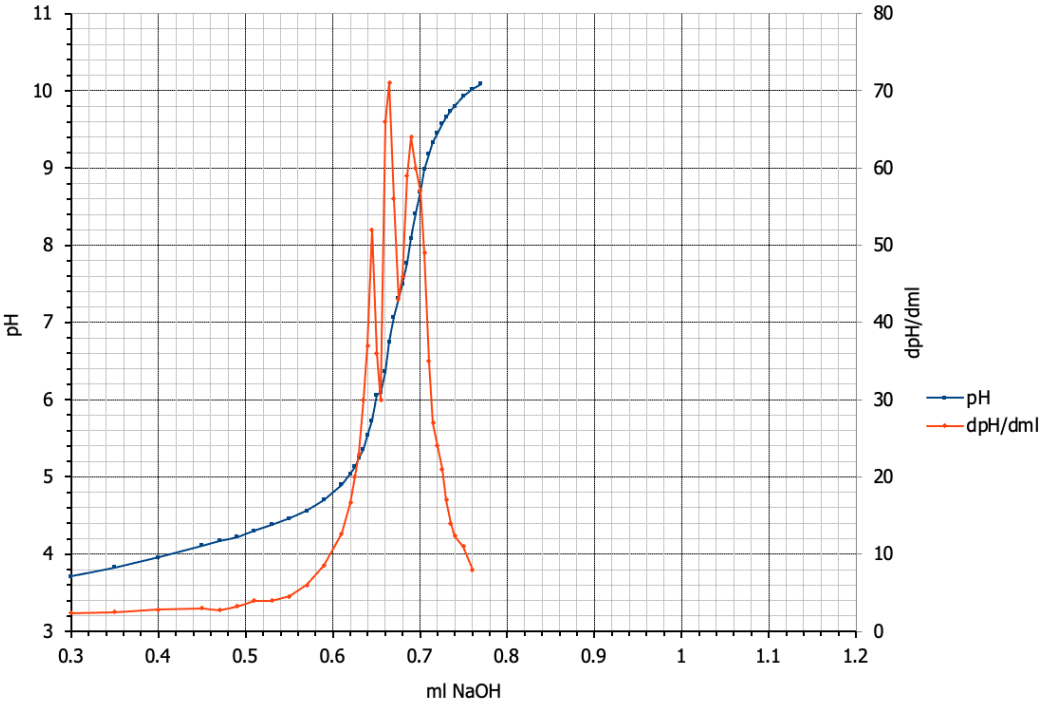
ตารางที่ ช.63 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.02	
0.100	3.21	1.90
0.200	3.40	1.85
0.300	3.58	1.85
0.400	3.77	1.90
0.500	3.96	2.15
0.600	4.20	2.80
0.650	4.35	3.36
0.670	4.42	3.75
0.690	4.50	4.50
0.710	4.60	5.25
0.730	4.71	5.83
0.740	4.77	7.00
0.750	4.85	8.00
0.760	4.93	9.00
0.770	5.03	10.00
0.775	5.08	13.00
0.780	5.16	14.00
0.785	5.22	14.00
0.790	5.30	18.00
0.795	5.40	20.00
0.800	5.50	24.00
0.805	5.64	25.00
0.810	5.75	25.00
0.815	5.89	23.00
0.820	5.98	25.00
0.825	6.14	22.00
0.830	6.20	21.00
0.835	6.35	31.00
0.840	6.51	28.00
0.845	6.63	19.00
0.850	6.70	20.00
0.855	6.83	18.00
0.860	6.88	11.00
0.865	6.94	14.00
0.870	7.02	16.00
0.875	7.10	18.00
0.880	7.20	13.00
0.885	7.23	7.00
0.890	7.27	11.00
0.895	7.34	14.00
0.900	7.41	13.00
0.905	7.47	13.00
0.910	7.54	15.00
0.915	7.62	13.00
0.920	7.67	11.00
0.925	7.73	13.00
0.930	7.80	14.00
0.935	7.87	14.00
0.940	7.94	16.00
0.945	8.03	20.00
0.950	8.14	21.00
0.955	8.24	22.00
0.960	8.36	25.00
0.965	8.49	26.00
0.970	8.62	27.00
0.975	8.76	27.00
0.980	8.89	23.00
0.985	8.99	21.00
0.990	9.10	19.00
0.995	9.18	16.00
1.000	9.26	17.00
1.005	9.35	14.00
1.010	9.40	10.00
1.020	9.50	9.00
1.030	9.58	8.00
1.040	9.66	7.17
1.060	9.77	5.50
1.080	9.88	4.75
1.100	9.96	4.00
1.120	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1010 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.64 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2171 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00057 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01926 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	8.872
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.411
Total wt% H_2O_2	9.283

ตารางที่ ช.64 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

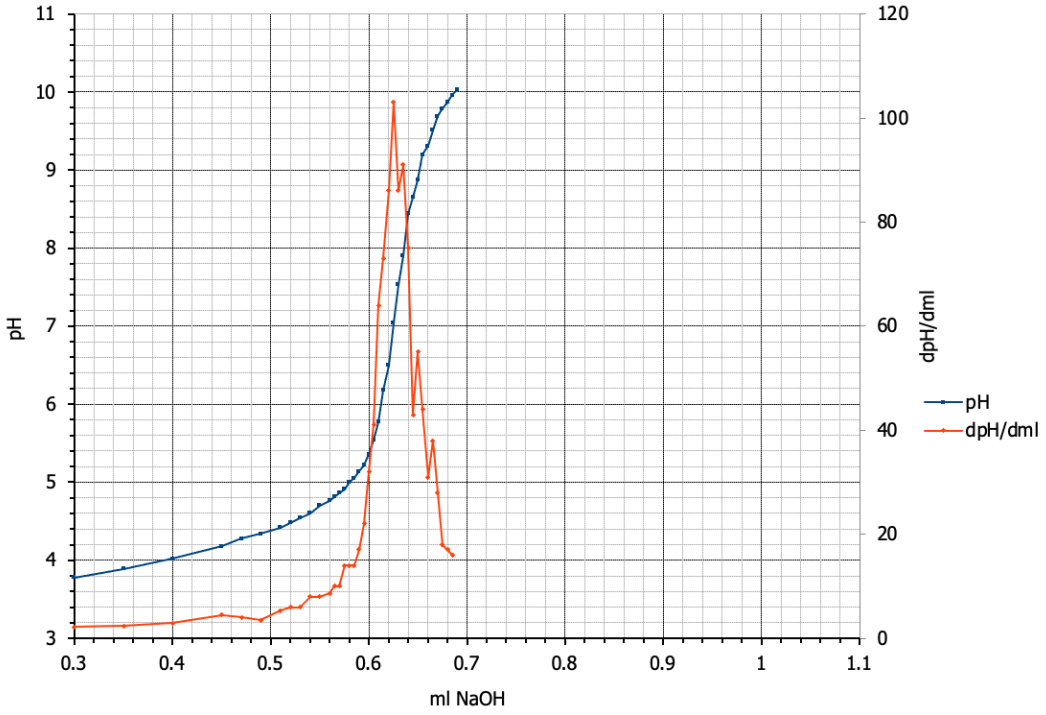
ml	pH	dpH/dml
0.000	3.06	
0.050	3.16	2.20
0.100	3.28	2.30
0.150	3.39	2.10
0.200	3.49	2.00
0.250	3.59	2.20
0.300	3.71	2.40
0.350	3.83	2.50
0.400	3.96	2.80
0.450	4.11	3.00
0.470	4.17	2.75
0.490	4.22	3.25
0.510	4.30	4.00
0.530	4.38	4.00
0.550	4.46	4.50
0.570	4.56	6.00
0.590	4.70	8.50
0.610	4.90	12.67
0.620	5.04	16.67
0.625	5.13	20.00
0.630	5.24	23.00
0.635	5.36	30.00
0.640	5.54	37.00
0.645	5.73	52.00
0.650	6.06	36.00
0.655	6.09	30.00
0.660	6.36	66.00
0.665	6.75	71.00

ml	pH	dpH/dml
0.670	7.07	56.00
0.675	7.31	43.00
0.680	7.50	46.00
0.685	7.77	59.00
0.690	8.09	64.00
0.695	8.41	60.00
0.700	8.69	57.00
0.705	8.98	49.00
0.710	9.18	35.00
0.715	9.33	27.00
0.720	9.45	24.00
0.725	9.57	21.00
0.730	9.66	17.00
0.735	9.74	14.00
0.740	9.80	12.33
0.750	9.93	11.00
0.760	10.02	8.00
0.770	10.09	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1044 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.65 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2080 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	4.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00034 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01146 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.509
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.398
Total wt% H_2O_2	5.907

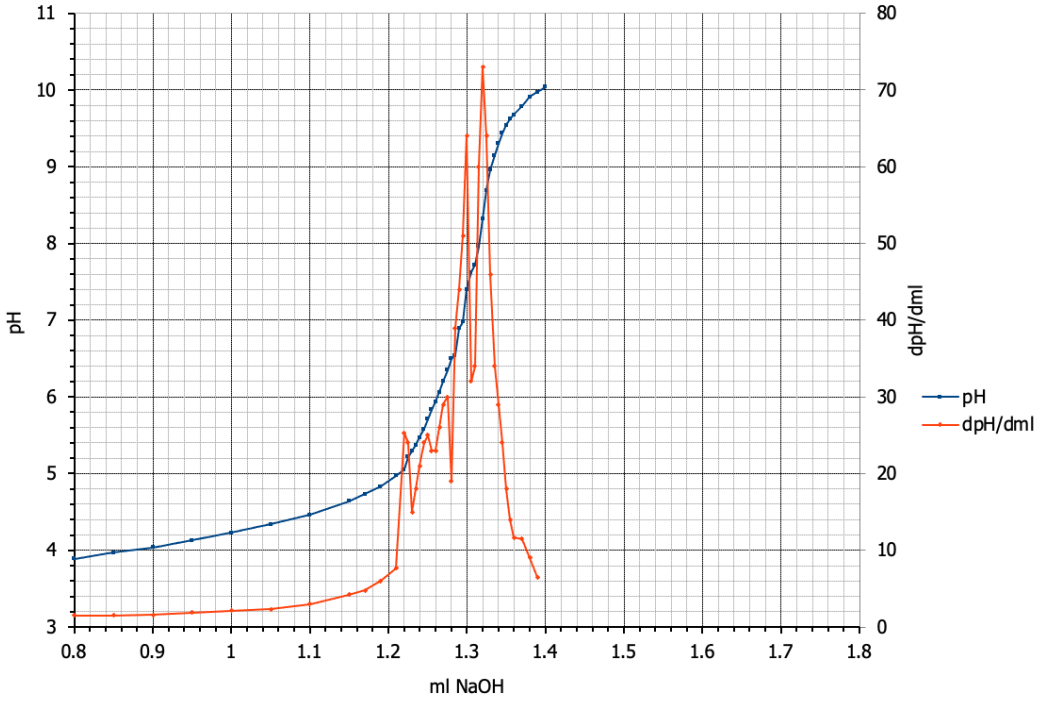
ตารางที่ ช.65 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.08	
0.050	3.20	2.30
0.100	3.31	2.20
0.150	3.42	2.50
0.200	3.56	2.50
0.250	3.67	2.20
0.300	3.78	2.20
0.350	3.89	2.40
0.400	4.02	2.90
0.450	4.18	4.49
0.470	4.28	4.00
0.490	4.34	3.50
0.510	4.42	5.33
0.520	4.48	6.00
0.530	4.54	6.00
0.540	4.60	8.00
0.550	4.70	8.00
0.560	4.76	8.67
0.565	4.81	10.00
0.570	4.86	10.00
0.575	4.91	14.00
0.580	5.00	14.00
0.585	5.05	14.00
0.590	5.14	17.00
0.595	5.22	22.00
0.600	5.36	32.00
0.605	5.54	41.00
0.610	5.77	64.00
0.615	6.18	73.00
0.620	6.50	86.00
0.625	7.04	103.00
0.630	7.53	86.00
0.635	7.90	91.00
0.640	8.44	75.00
0.645	8.65	43.00
0.650	8.87	55.00
0.655	9.20	44.00
0.660	9.31	31.00
0.665	9.51	38.00
0.670	9.69	28.00
0.675	9.79	18.00
0.680	9.87	17.00
0.685	9.96	16.00
0.690	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2218 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.66 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2239 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	3.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00022 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00756 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	3.376
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.337
Total wt% H_2O_2	3.713

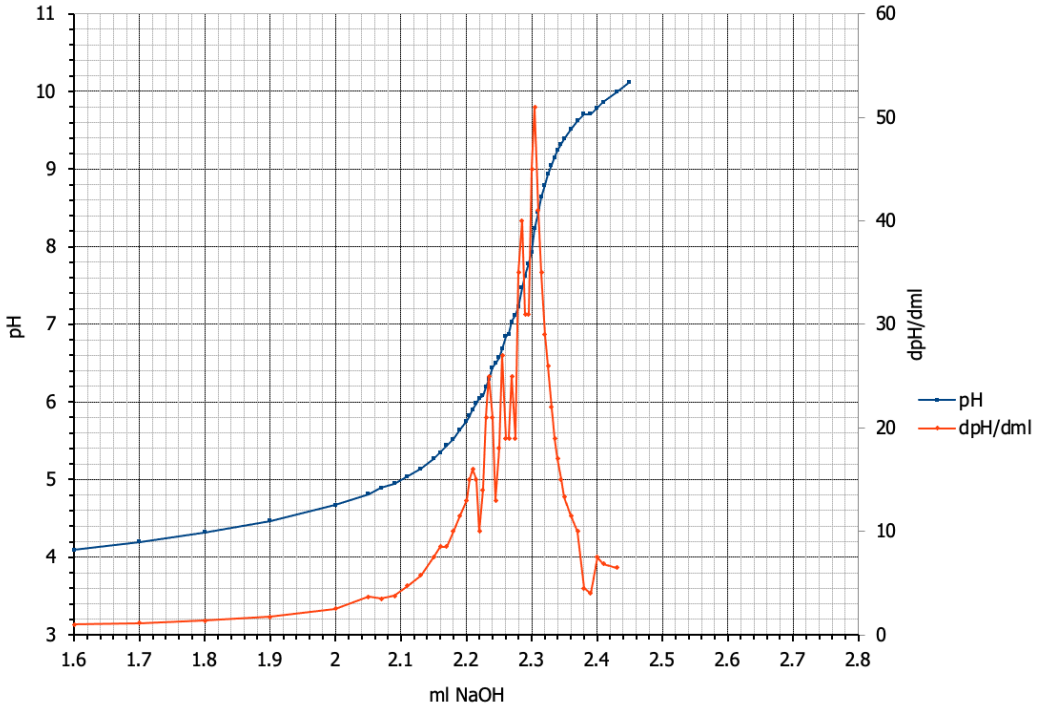
ตารางที่ ช.66 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.76	
0.050	2.84	1.60
0.100	2.92	1.70
0.150	3.01	1.70
0.200	3.09	1.53
0.300	3.23	1.40
0.400	3.37	1.30
0.500	3.49	1.25
0.600	3.62	1.30
0.700	3.75	1.35
0.800	3.89	1.53
0.850	3.97	1.50
0.900	4.04	1.60
0.950	4.13	1.90
1.000	4.23	2.10
1.050	4.34	2.30
1.100	4.46	3.00
1.150	4.64	4.24
1.170	4.73	4.75
1.190	4.83	6.00
1.210	4.97	7.67
1.220	5.05	25.33
1.225	5.22	24.00
1.230	5.29	15.00
1.235	5.37	18.00
1.240	5.47	21.00
1.245	5.58	24.00
1.250	5.71	25.00
1.255	5.83	23.00
1.260	5.94	23.00
1.265	6.06	26.00
1.270	6.20	29.00
1.275	6.35	30.00
1.280	6.50	19.00
1.285	6.54	39.00
1.290	6.89	44.00
1.295	6.98	51.00
1.300	7.40	64.00
1.305	7.62	32.00
1.310	7.72	34.00
1.315	7.96	60.00
1.320	8.32	73.00
1.325	8.69	64.00
1.330	8.96	46.00
1.335	9.15	34.00
1.340	9.30	29.00
1.345	9.44	24.00
1.350	9.54	18.00
1.355	9.62	14.00
1.360	9.68	11.67
1.370	9.79	11.50
1.380	9.91	9.00
1.390	9.97	6.50
1.400	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4070 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.67 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2082 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	1.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	7.168×10^{-5} mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00244 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	1.171
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.282
Total wt% H_2O_2	1.453

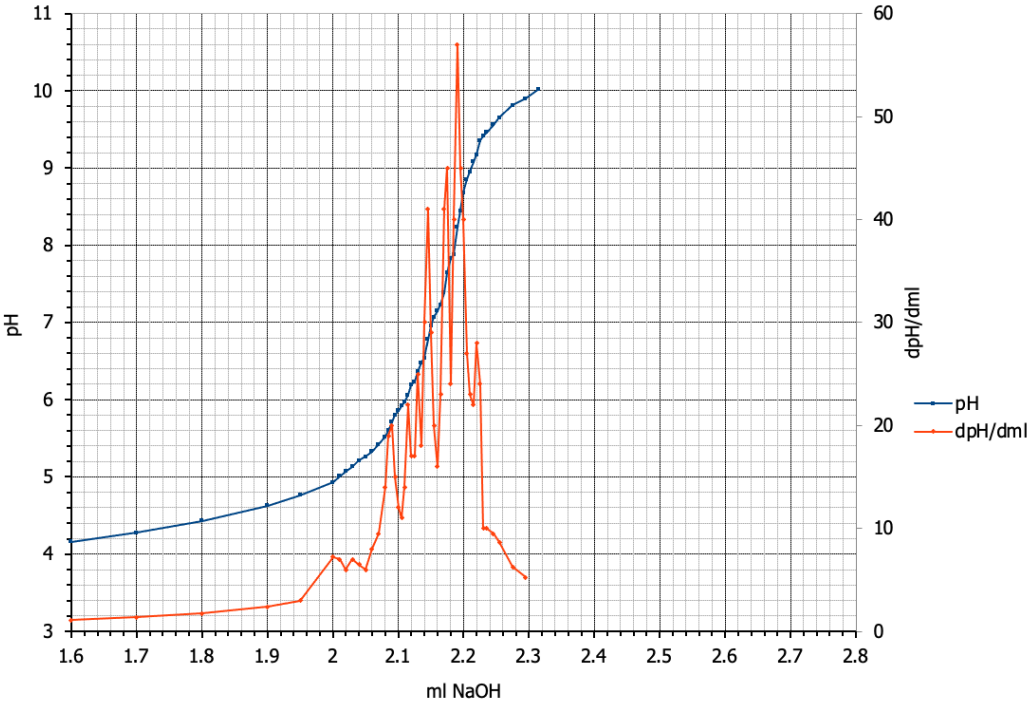
ตารางที่ ช.67 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.76	
0.100	2.85	0.95
0.200	2.95	0.95
0.300	3.04	0.95
0.400	3.14	0.95
0.500	3.23	0.85
0.600	3.31	0.80
0.700	3.39	0.75
0.800	3.46	0.75
0.900	3.54	0.75
1.000	3.61	0.70
1.100	3.68	0.75
1.200	3.76	0.80
1.300	3.84	0.80
1.400	3.92	0.80
1.500	4.00	0.85
1.600	4.09	1.00
1.700	4.20	1.15
1.800	4.32	1.35
1.900	4.47	1.75
2.000	4.67	2.53
2.050	4.81	3.66
2.070	4.89	3.50
2.090	4.95	3.75
2.110	5.04	4.75
2.130	5.14	5.75
2.150	5.27	7.50
2.160	5.35	8.50
2.170	5.44	8.50
2.180	5.52	10.00
2.190	5.64	11.50
2.200	5.75	13.00
2.205	5.82	15.00
2.210	5.90	16.00
2.215	5.98	15.00
2.220	6.05	10.00
2.225	6.08	14.00
2.230	6.19	21.00
2.235	6.29	25.00
2.240	6.44	21.00
2.245	6.50	13.00
2.250	6.57	18.00
2.255	6.68	27.00
2.260	6.84	19.00
2.265	6.87	19.00
2.270	7.03	25.00
2.275	7.12	19.00
2.280	7.22	35.00
2.285	7.47	40.00
2.290	7.62	31.00
2.295	7.78	31.00
2.300	7.93	45.00
2.305	8.23	51.00
2.310	8.44	41.00
2.315	8.64	35.00
2.320	8.79	29.00
2.325	8.93	26.00
2.330	9.05	22.00
2.335	9.15	19.00
2.340	9.24	17.00
2.345	9.32	15.00
2.350	9.39	13.33
2.360	9.51	11.50
2.370	9.62	10.00
2.380	9.71	4.50
2.390	9.71	4.00
2.400	9.79	7.50
2.410	9.86	6.83
2.430	9.99	6.50
2.450	10.12	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3942 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.68 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2107 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	5.02×10^{-5} mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00171 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	0.810
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.206
Total wt% H_2O_2	1.016

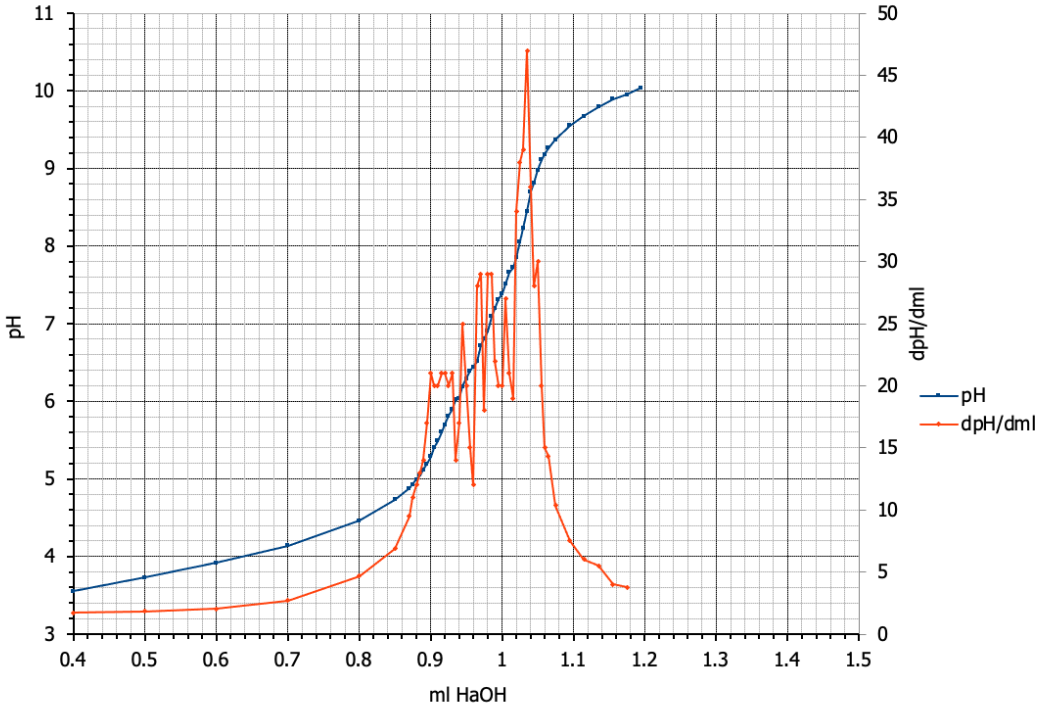
ตารางที่ ช.68 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.74	
0.100	2.85	1.10
0.200	2.96	1.05
0.300	3.06	1.00
0.400	3.16	0.90
0.500	3.24	0.85
0.600	3.33	0.85
0.700	3.41	0.80
0.800	3.49	0.80
0.900	3.57	0.75
1.000	3.64	0.75
1.100	3.72	0.80
1.200	3.80	0.80
1.300	3.88	0.85
1.400	3.97	0.90
1.500	4.06	0.95
1.600	4.16	1.10
1.700	4.28	1.35
1.800	4.43	1.75
1.900	4.63	2.40
1.950	4.76	3.00
2.000	4.93	7.23
2.010	5.01	7.00
2.020	5.07	6.00
2.030	5.13	7.00
2.040	5.21	6.50
2.050	5.26	6.00
2.060	5.33	8.00
2.070	5.42	9.50
2.080	5.52	14.00
2.085	5.60	19.00
2.090	5.71	20.00
2.095	5.80	15.00
2.100	5.86	12.00
2.105	5.92	11.00
2.110	5.97	14.00
2.115	6.06	22.00
2.120	6.19	17.00
2.125	6.23	17.00
2.130	6.36	25.00
2.135	6.48	18.00
2.140	6.54	30.00
2.145	6.78	41.00
2.150	6.95	29.00
2.155	7.07	20.00
2.160	7.15	16.00
2.165	7.23	23.00
2.170	7.38	41.00
2.175	7.64	45.00
2.180	7.83	24.00
2.185	7.88	40.00
2.190	8.23	57.00
2.195	8.45	45.00
2.200	8.68	40.00
2.205	8.85	27.00
2.210	8.95	23.00
2.215	9.08	22.00
2.220	9.17	28.00
2.225	9.36	24.00
2.230	9.41	10.00
2.235	9.46	10.00
2.245	9.56	9.50
2.255	9.65	8.67
2.275	9.81	6.25
2.295	9.90	5.25
2.315	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1232 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.69 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2149 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00187 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06360 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	29.597
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.213
Total wt% H_2O_2	30.810

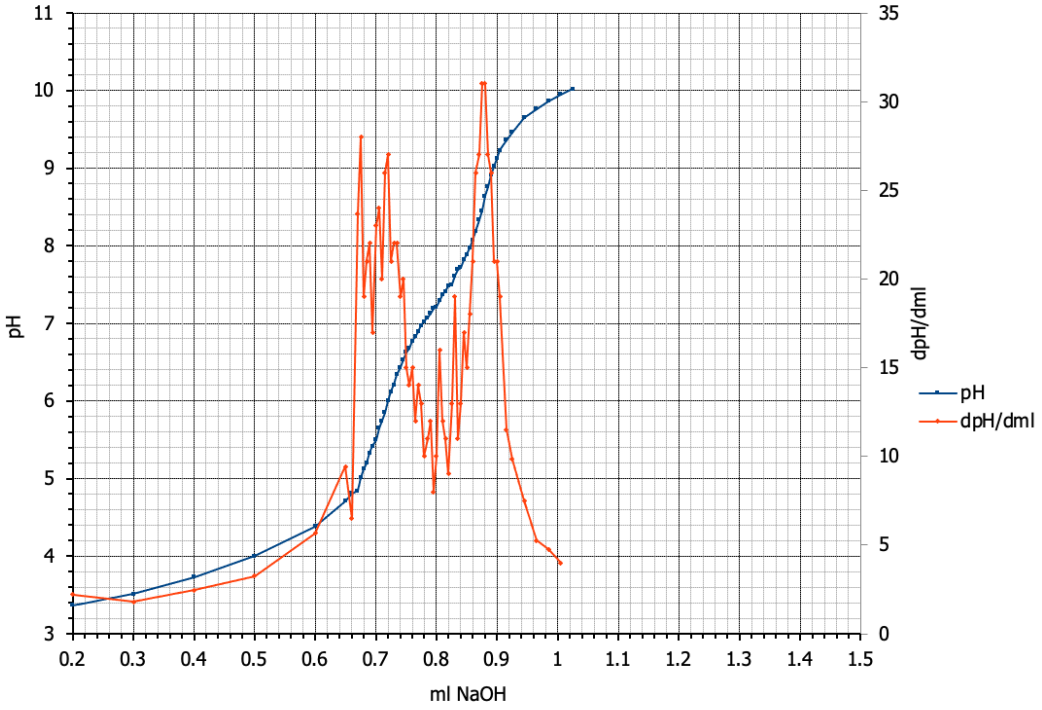
ตารางที่ ช.69 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.87		0.960	6.44	12.00
0.100	3.04	1.75	0.965	6.51	28.00
0.200	3.22	1.75	0.970	6.72	29.00
0.300	3.39	1.65	0.975	6.80	18.00
0.400	3.55	1.70	0.980	6.90	29.00
0.500	3.73	1.85	0.985	7.09	29.00
0.600	3.92	2.05	0.990	7.19	22.00
0.700	4.14	2.70	0.995	7.31	20.00
0.800	4.46	4.67	1.000	7.39	20.00
0.850	4.73	6.90	1.005	7.51	27.00
0.870	4.88	9.50	1.010	7.66	21.00
0.875	4.93	11.00	1.015	7.72	19.00
0.880	4.99	12.00	1.020	7.85	34.00
0.885	5.05	13.00	1.025	8.06	38.00
0.890	5.12	14.00	1.030	8.23	39.00
0.895	5.19	17.00	1.035	8.45	47.00
0.900	5.29	21.00	1.040	8.70	36.00
0.905	5.40	20.00	1.045	8.81	28.00
0.910	5.49	20.00	1.050	8.98	30.00
0.915	5.60	21.00	1.055	9.11	20.00
0.920	5.70	21.00	1.060	9.18	15.00
0.925	5.81	20.00	1.065	9.26	14.33
0.930	5.90	21.00	1.075	9.37	10.33
0.935	6.02	14.00	1.095	9.55	7.50
0.940	6.04	17.00	1.115	9.67	6.00
0.945	6.19	25.00	1.135	9.79	5.50
0.950	6.29	20.00	1.155	9.89	4.00
0.955	6.39	15.00	1.175	9.95	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1075 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.70 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2003 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00166 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05645 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.185
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.433
Total wt% H_2O_2	30.618

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

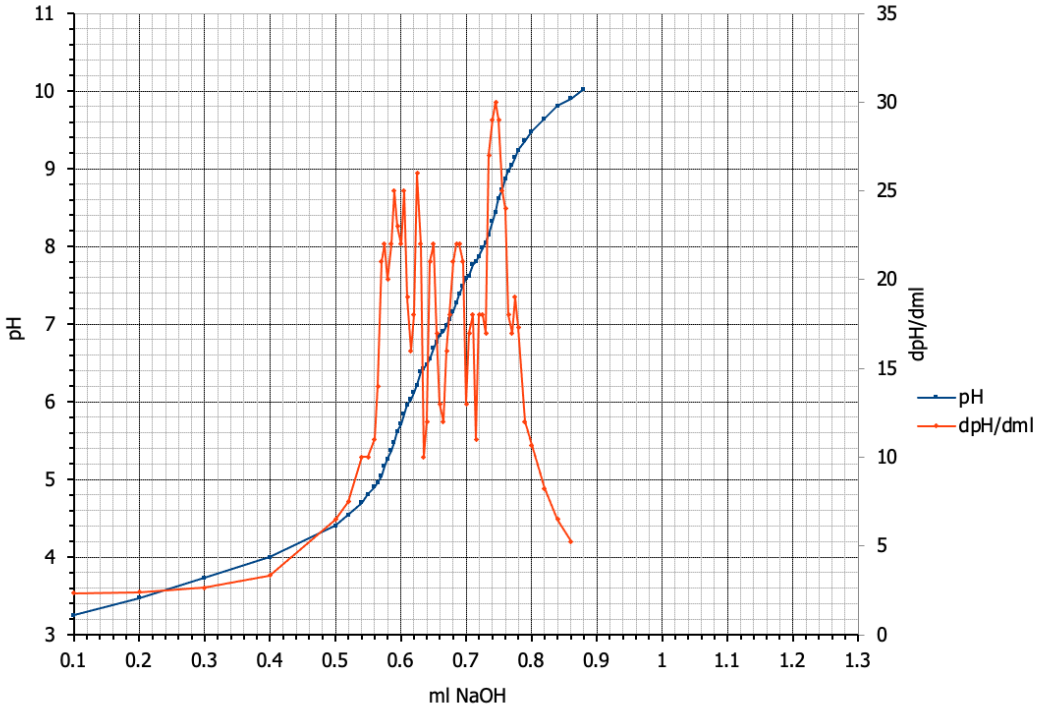
ตารางที่ ช.70 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.88	
0.100	3.07	2.45
0.200	3.37	2.20
0.300	3.51	1.80
0.400	3.73	2.45
0.500	4.00	3.25
0.600	4.38	5.67
0.650	4.71	9.43
0.660	4.81	6.50
0.670	4.84	23.67
0.675	5.01	28.00
0.680	5.12	19.00
0.685	5.20	21.00
0.690	5.33	22.00
0.695	5.42	17.00
0.700	5.50	23.00
0.705	5.65	24.00
0.710	5.74	20.00
0.715	5.85	26.00
0.720	6.00	27.00
0.725	6.12	21.00
0.730	6.21	22.00
0.735	6.34	22.00
0.740	6.43	19.00
0.745	6.53	20.00
0.750	6.63	15.00
0.755	6.68	14.00
0.760	6.77	15.00
0.765	6.83	12.00
0.770	6.89	14.00
0.775	6.97	13.00
0.780	7.02	10.00
0.785	7.07	11.00
0.790	7.13	12.00
0.795	7.19	8.00
0.800	7.21	10.00
0.805	7.29	16.00
0.810	7.37	12.00
0.815	7.41	11.00
0.820	7.48	9.00
0.825	7.50	13.00
0.830	7.61	19.00
0.835	7.69	11.00
0.840	7.72	13.00
0.845	7.82	17.00
0.850	7.89	15.00
0.855	7.97	18.00
0.860	8.07	21.00
0.865	8.18	26.00
0.870	8.33	27.00
0.875	8.45	31.00
0.880	8.64	31.00
0.885	8.76	27.00
0.890	8.91	26.00
0.895	9.02	21.00
0.900	9.12	21.00
0.905	9.23	19.00
0.915	9.36	11.50
0.925	9.46	9.83
0.945	9.65	7.50
0.965	9.76	5.25
0.985	9.86	4.75
1.005	9.95	4.00
1.025	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0915 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.71 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1529 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00126 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04290 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	28.055
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.541
Total wt% H_2O_2	30.596

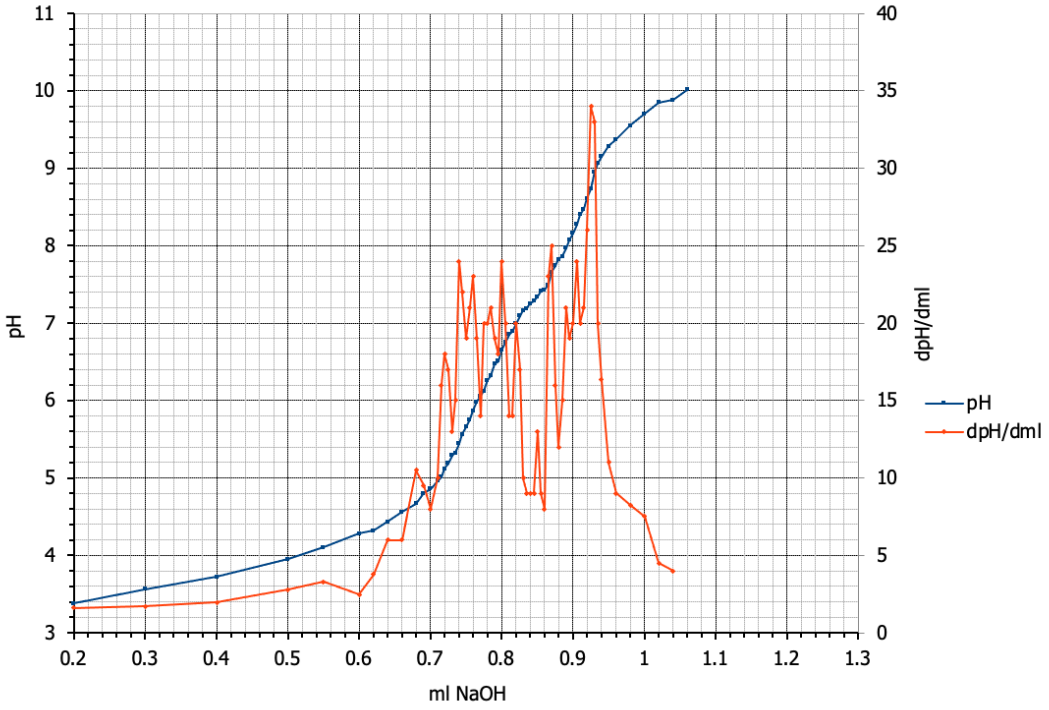
ตารางที่ ช.71 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.00	
0.100	3.25	2.35
0.200	3.47	2.40
0.300	3.73	2.65
0.400	4.00	3.35
0.500	4.40	6.50
0.520	4.54	7.50
0.540	4.70	10.00
0.550	4.81	10.00
0.560	4.90	11.00
0.565	4.96	14.00
0.570	5.04	21.00
0.575	5.17	22.00
0.580	5.26	20.00
0.585	5.37	22.00
0.590	5.48	25.00
0.595	5.62	23.00
0.600	5.71	22.00
0.605	5.84	25.00
0.610	5.96	19.00
0.615	6.03	16.00
0.620	6.12	18.00
0.625	6.21	26.00
0.630	6.38	22.00
0.635	6.43	10.00
0.640	6.48	12.00
0.645	6.55	21.00
0.650	6.69	22.00
0.655	6.77	17.00
0.660	6.86	13.00
0.665	6.90	12.00
0.670	6.98	16.00
0.675	7.06	18.00
0.680	7.16	21.00
0.685	7.27	22.00
0.690	7.38	22.00
0.695	7.49	21.00
0.700	7.59	13.00
0.705	7.62	17.00
0.710	7.76	18.00
0.715	7.80	11.00
0.720	7.87	18.00
0.725	7.98	18.00
0.730	8.05	17.00
0.735	8.15	27.00
0.740	8.32	29.00
0.745	8.44	30.00
0.750	8.62	29.00
0.755	8.73	25.00
0.760	8.87	24.00
0.765	8.97	18.00
0.770	9.05	17.00
0.775	9.14	19.00
0.780	9.24	17.33
0.790	9.36	12.00
0.800	9.48	10.67
0.820	9.64	8.25
0.840	9.81	6.50
0.860	9.90	5.25
0.880	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1212 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.72 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2247 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00182 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06188 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	27.538
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.261
Total wt% H_2O_2	29.799

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

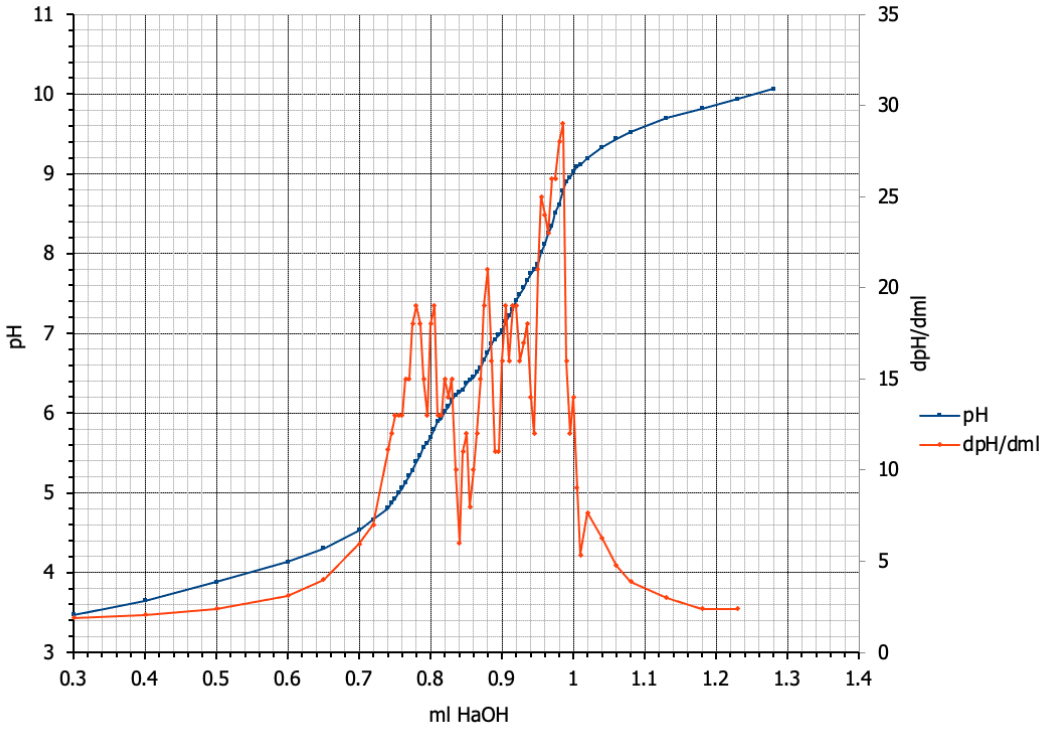
ตารางที่ ช.72 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.96	
0.100	3.24	2.10
0.200	3.38	1.60
0.300	3.56	1.70
0.400	3.72	1.95
0.500	3.95	2.77
0.550	4.10	3.30
0.600	4.28	2.46
0.620	4.32	3.75
0.640	4.43	6.00
0.660	4.56	6.00
0.680	4.67	10.50
0.690	4.80	9.50
0.700	4.86	8.00
0.710	4.96	10.00
0.715	5.01	16.00
0.720	5.12	18.00
0.725	5.19	17.00
0.730	5.29	13.00
0.735	5.32	15.00
0.740	5.44	24.00
0.745	5.56	22.00
0.750	5.66	19.00
0.755	5.75	21.00
0.760	5.87	23.00
0.765	5.98	19.00
0.770	6.06	14.00
0.775	6.12	20.00
0.780	6.26	20.00
0.785	6.32	21.00
0.790	6.47	19.00
0.795	6.51	18.00
0.800	6.65	24.00
0.805	6.75	20.00
0.810	6.85	14.00
0.815	6.89	14.00
0.820	6.99	20.00
0.825	7.09	17.00
0.830	7.16	10.00
0.835	7.19	9.00
0.840	7.25	9.00
0.845	7.28	9.00
0.850	7.34	13.00
0.855	7.41	9.00
0.860	7.43	8.00
0.865	7.49	23.00
0.870	7.66	25.00
0.875	7.74	16.00
0.880	7.82	12.00
0.885	7.86	15.00
0.890	7.97	21.00
0.895	8.07	19.00
0.900	8.16	20.00
0.905	8.27	24.00
0.910	8.40	20.00
0.915	8.47	21.00
0.920	8.61	26.00
0.925	8.73	34.00
0.930	8.95	33.00
0.935	9.06	20.00
0.940	9.15	16.33
0.950	9.28	11.00
0.960	9.37	9.00
0.980	9.55	8.25
1.000	9.70	7.50
1.020	9.85	4.50
1.040	9.88	4.00
1.060	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2493 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.73 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2234 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00123 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04183 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	18.722
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.699
Total wt% H_2O_2	19.422

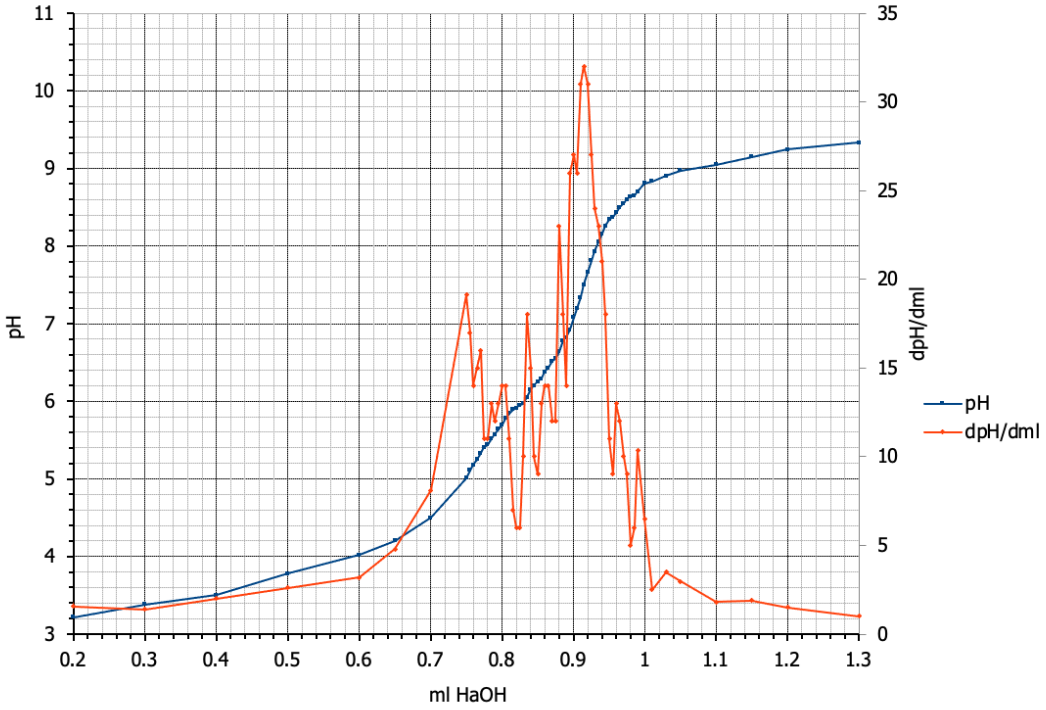
ตารางที่ ช.73 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.87	
0.100	3.06	2.00
0.200	3.27	2.05
0.300	3.47	1.90
0.400	3.65	2.05
0.500	3.88	2.40
0.600	4.13	3.10
0.650	4.30	4.00
0.700	4.53	5.96
0.720	4.66	7.00
0.740	4.81	11.10
0.745	4.87	12.00
0.750	4.93	13.00
0.755	5.00	13.00
0.760	5.06	13.00
0.765	5.13	15.00
0.770	5.21	15.00
0.775	5.28	18.00
0.780	5.39	19.00
0.785	5.47	18.00
0.790	5.57	15.00
0.795	5.62	13.00
0.800	5.70	18.00
0.805	5.80	19.00
0.810	5.89	13.00
0.815	5.93	13.00
0.820	6.02	15.00
0.825	6.08	14.00
0.830	6.16	15.00
0.835	6.23	10.00
0.840	6.26	6.00
0.845	6.29	11.00
0.850	6.37	12.00
0.855	6.41	8.00
0.860	6.45	10.00
0.865	6.51	12.00
0.870	6.57	15.00
0.875	6.66	19.00
0.880	6.76	21.00
0.885	6.87	16.00
0.890	6.92	11.00
0.895	6.98	11.00
0.900	7.03	16.00
0.905	7.14	19.00
0.910	7.22	16.00
0.915	7.30	19.00
0.920	7.41	19.00
0.925	7.49	16.00
0.930	7.57	17.00
0.935	7.66	18.00
0.940	7.75	14.00
0.945	7.80	12.00
0.950	7.87	21.00
0.955	8.01	25.00
0.960	8.12	24.00
0.965	8.25	23.00
0.970	8.35	26.00
0.975	8.51	26.00
0.980	8.61	28.00
0.985	8.79	29.00
0.990	8.90	16.00
0.995	8.95	12.00
1.000	9.02	14.00
1.005	9.09	9.00
1.010	9.11	5.33
1.020	9.19	7.67
1.040	9.33	6.25
1.060	9.44	4.75
1.080	9.52	3.89
1.130	9.70	3.00
1.180	9.82	2.40
1.230	9.94	2.40
1.280	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 5

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4598 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.74 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 5

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2174 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	10.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00079 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.02671 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	12.285
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.596
Total wt% H_2O_2	12.881

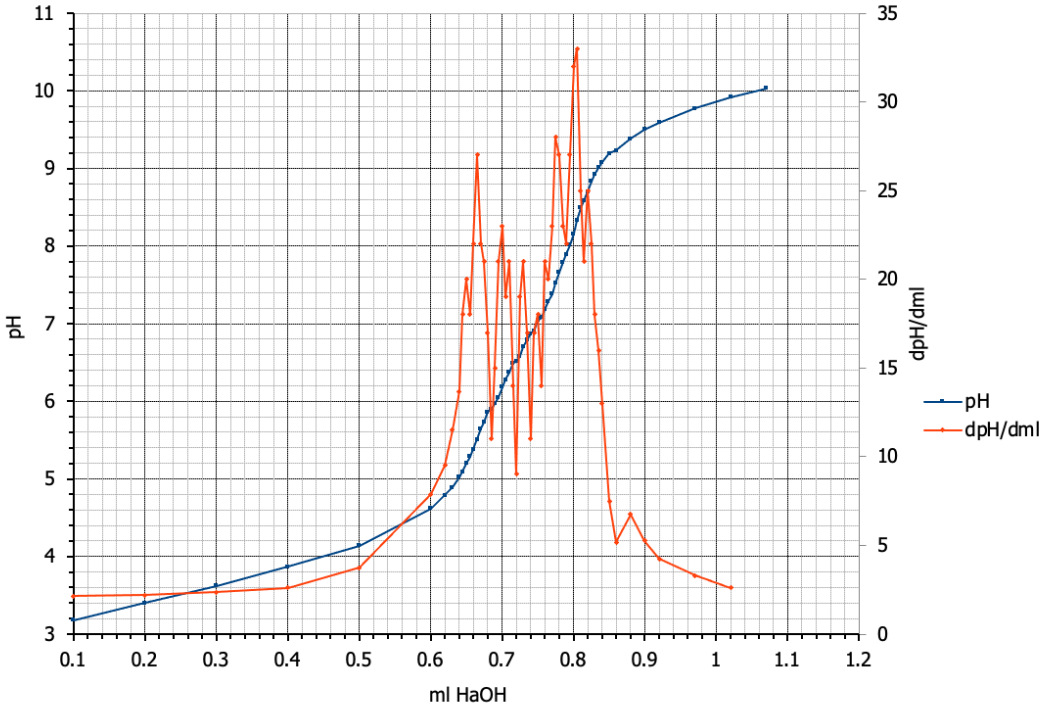
ตารางที่ ช.74 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 5

ml	pH	dpH/dml
0.000	0.95	
0.100	3.07	11.35
0.200	3.22	1.55
0.300	3.38	1.40
0.400	3.50	2.00
0.500	3.78	2.60
0.600	4.02	3.20
0.650	4.20	4.80
0.700	4.50	8.10
0.750	5.01	19.11
0.755	5.11	17.00
0.760	5.18	14.00
0.765	5.25	15.00
0.770	5.33	16.00
0.775	5.41	11.00
0.780	5.44	11.00
0.785	5.52	13.00
0.790	5.57	12.00
0.795	5.64	13.00
0.800	5.70	14.00
0.805	5.78	14.00
0.810	5.84	11.00
0.815	5.89	7.00
0.820	5.91	6.00
0.825	5.95	6.00
0.830	5.97	10.00
0.835	6.05	18.00
0.840	6.15	15.00
0.845	6.20	10.00
0.850	6.25	9.00
0.855	6.29	13.00
0.860	6.38	14.00
0.865	6.43	14.00
0.870	6.52	12.00
0.875	6.55	12.00
0.880	6.64	23.00
0.885	6.78	18.00
0.890	6.82	14.00
0.895	6.92	26.00
0.900	7.08	27.00
0.905	7.19	26.00
0.910	7.34	31.00
0.915	7.50	32.00
0.920	7.66	31.00
0.925	7.81	27.00
0.930	7.93	24.00
0.935	8.05	23.00
0.940	8.16	21.00
0.945	8.26	18.00
0.950	8.34	11.00
0.955	8.37	9.00
0.960	8.43	13.00
0.965	8.50	12.00
0.970	8.55	10.00
0.975	8.60	9.00
0.980	8.64	5.00
0.985	8.65	6.00
0.990	8.70	10.33
1.000	8.81	6.50
1.010	8.83	2.50
1.030	8.90	3.50
1.050	8.97	2.96
1.100	9.05	1.80
1.150	9.15	1.90
1.200	9.24	1.50
1.300	9.33	1.00
1.400	9.44	1.10
1.500	9.55	1.15
1.600	9.67	1.05
1.700	9.76	0.75
1.800	9.82	0.65
1.900	9.89	0.65
2.000	9.95	0.55
2.100	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4560 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.75 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2102 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	9.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00073 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.02469 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	11.747
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.510
Total wt% H_2O_2	12.257

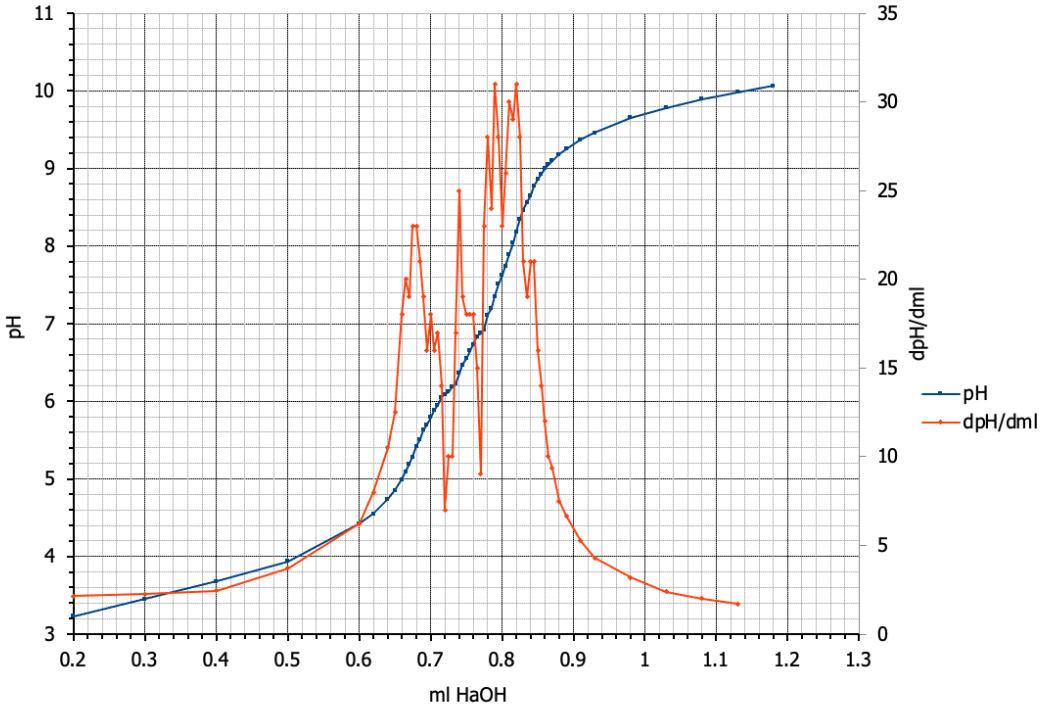
ตารางที่ ช.75 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.97	
0.100	3.18	2.15
0.200	3.40	2.20
0.300	3.62	2.35
0.400	3.87	2.60
0.500	4.14	3.75
0.600	4.62	7.88
0.620	4.79	9.50
0.630	4.89	11.50
0.640	5.02	13.67
0.645	5.09	18.00
0.650	5.20	20.00
0.655	5.29	18.00
0.660	5.38	22.00
0.665	5.51	27.00
0.670	5.65	22.00
0.675	5.73	21.00
0.680	5.86	17.00
0.685	5.90	11.00
0.690	5.97	15.00
0.695	6.05	21.00
0.700	6.18	23.00
0.705	6.28	19.00
0.710	6.37	21.00
0.715	6.49	14.00
0.720	6.51	9.00
0.725	6.58	19.00
0.730	6.70	21.00
0.735	6.79	17.00
0.740	6.87	11.00
0.745	6.90	17.00
0.750	7.04	18.00
0.755	7.08	14.00
0.760	7.18	21.00
0.765	7.29	20.00
0.770	7.38	23.00
0.775	7.52	28.00
0.780	7.66	27.00
0.785	7.79	23.00
0.790	7.89	22.00
0.795	8.01	27.00
0.800	8.16	32.00
0.805	8.33	33.00
0.810	8.49	25.00
0.815	8.58	21.00
0.820	8.70	25.00
0.825	8.83	22.00
0.830	8.92	18.00
0.835	9.01	16.00
0.840	9.08	13.00
0.850	9.19	7.50
0.860	9.23	5.17
0.880	9.38	6.75
0.900	9.50	5.25
0.920	9.59	4.24
0.970	9.77	3.30
1.020	9.92	2.60
1.070	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5192 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ช.76 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2201 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	9.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02963 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00071 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.02419 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	10.990
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.456
Total wt% H_2O_2	11.445

ตารางที่ ช.76 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.81	
0.100	3.02	2.10
0.200	3.23	2.15
0.300	3.45	2.25
0.400	3.68	2.45
0.500	3.94	3.70
0.600	4.42	6.22
0.620	4.55	8.00
0.640	4.74	10.50
0.650	4.85	12.50
0.660	4.99	18.00
0.665	5.09	20.00
0.670	5.19	19.00
0.675	5.28	23.00
0.680	5.42	23.00
0.685	5.51	21.00
0.690	5.63	19.00
0.695	5.70	16.00
0.700	5.79	18.00
0.705	5.88	16.00
0.710	5.95	17.00
0.715	6.05	14.00
0.720	6.09	7.00
0.725	6.12	10.00
0.730	6.19	10.00
0.735	6.22	17.00
0.740	6.36	25.00
0.745	6.47	19.00

ml	pH	dpH/dml
0.750	6.55	18.00
0.755	6.65	18.00
0.760	6.73	18.00
0.765	6.83	15.00
0.770	6.88	9.00
0.775	6.92	23.00
0.780	7.11	28.00
0.785	7.20	24.00
0.790	7.35	31.00
0.795	7.51	28.00
0.800	7.63	23.00
0.805	7.74	26.00
0.810	7.89	30.00
0.815	8.04	29.00
0.820	8.18	31.00
0.825	8.35	28.00
0.830	8.46	21.00
0.835	8.56	19.00
0.840	8.65	21.00
0.845	8.77	21.00
0.850	8.86	16.00
0.855	8.93	14.00
0.860	9.00	12.00
0.865	9.05	10.00
0.870	9.10	9.33
0.880	9.18	7.50
0.890	9.25	6.67
0.910	9.37	5.25

ml	pH	dpH/dml
0.930	9.46	4.30
0.980	9.65	3.20
1.030	9.78	2.40
1.080	9.89	2.00
1.130	9.98	1.70
1.180	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

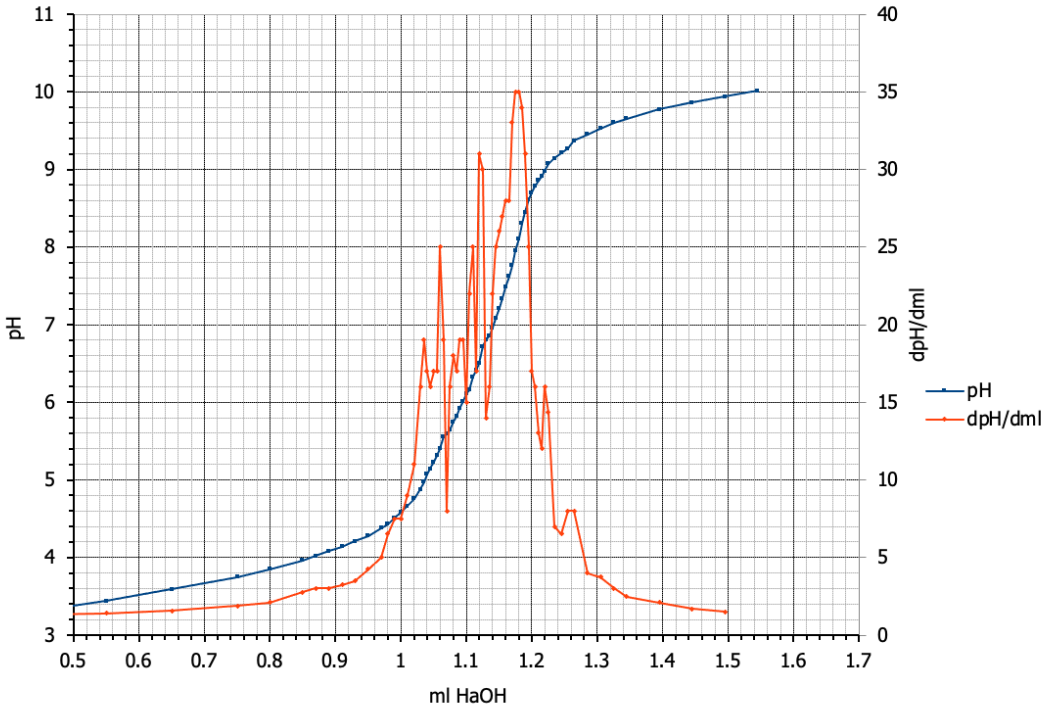
ภาคผนวก ซ

ข้อมูลดิบของการไทเทรตด้วยเครื่อง pH meter ในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1

ข้อมูลการไทเทรตเพื่อหากรดเปอร์ฟอร์มิกที่เกิดขึ้นและหากรดฟอร์มิกที่เหลือในการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่มีอัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1 ด้วยน้ำกลั่น ชนิดและควาเข้มข้นของกรดที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 7 วัน

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1170 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.1 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2356 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M

จำนวนโมล H_2O_2	0.00185 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06291 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	26.700
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.668
Total wt% H_2O_2	28.368

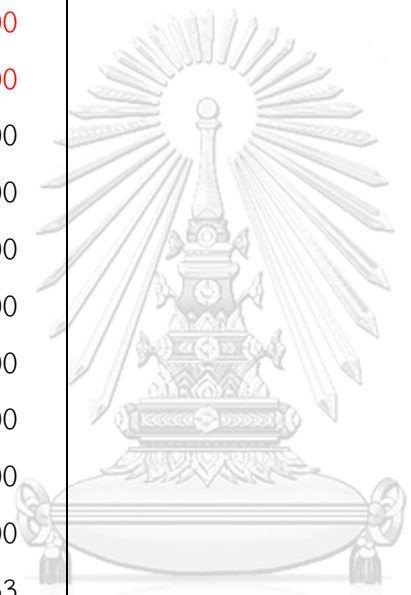
ตารางที่ ซ.1 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.79		1.030	4.88	16.00
0.050	2.82	0.73	1.035	4.97	19.00
0.150	2.92	1.15	1.040	5.07	17.00
0.250	3.05	1.30	1.045	5.14	16.00
0.350	3.18	1.30	1.050	5.23	17.00
0.450	3.31	1.30	1.055	5.31	17.00
0.550	3.44	1.40	1.060	5.40	25.00
0.650	3.59	1.55	1.065	5.56	19.00
0.750	3.75	1.87	1.070	5.59	8.00
0.800	3.85	2.10	1.075	5.64	16.00
0.850	3.96	2.77	1.080	5.75	18.00
0.870	4.02	3.00	1.085	5.82	17.00
0.890	4.08	3.00	1.090	5.92	19.00
0.910	4.14	3.25	1.095	6.01	19.00
0.930	4.21	3.50	1.100	6.11	15.00
0.950	4.28	4.25	1.105	6.16	22.00
0.970	4.38	5.00	1.110	6.33	25.00
0.980	4.43	6.50	1.115	6.41	17.00
0.990	4.51	7.50	1.120	6.50	31.00
1.000	4.58	7.50	1.125	6.72	30.00
1.010	4.66	9.00	1.130	6.80	14.00
1.020	4.76	11.00	1.135	6.86	16.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ml	pH	dpH/dml
1.140	6.96	22.00
1.145	7.08	25.00
1.150	7.21	26.00
1.155	7.34	27.00
1.160	7.48	28.00
1.165	7.62	28.00
1.170	7.76	33.00
1.175	7.95	35.00
1.180	8.11	35.00
1.185	8.30	34.00
1.190	8.45	31.00
1.195	8.61	25.00
1.200	8.70	17.00
1.205	8.78	16.00
1.210	8.86	13.00
1.215	8.91	12.00
1.220	8.98	16.00
1.225	9.07	14.33
1.235	9.14	7.00
1.245	9.21	6.50
1.255	9.27	8.00
1.265	9.37	8.00
1.285	9.45	4.00
1.305	9.53	3.75
1.325	9.60	3.00

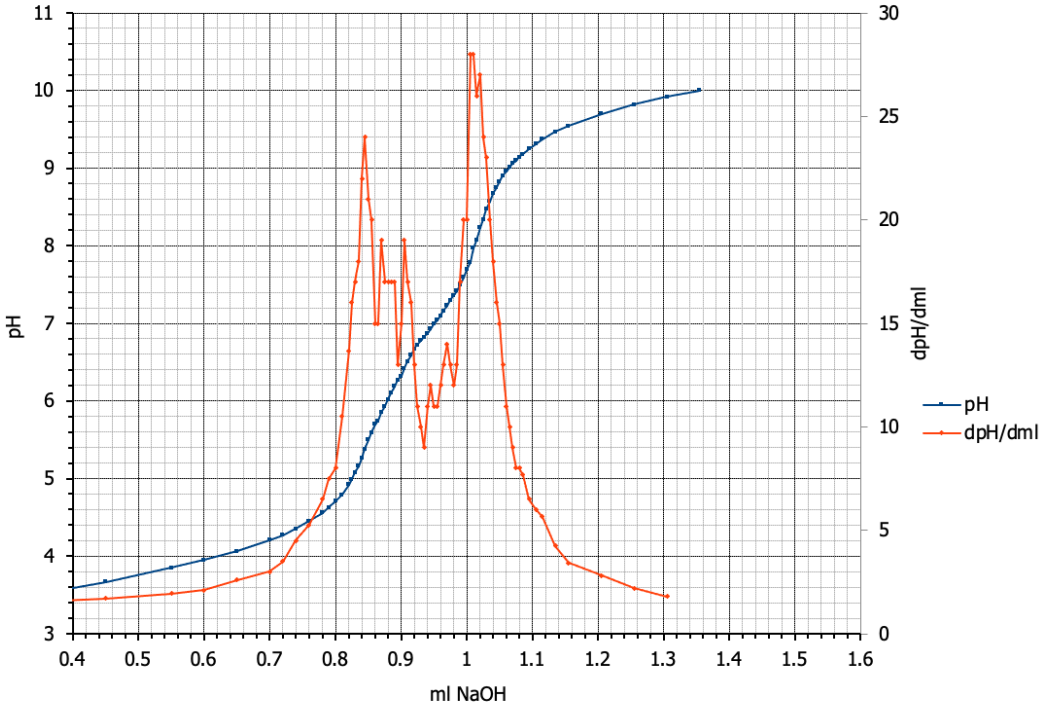
ml	pH	dpH/dml
1.345	9.65	2.47
1.395	9.77	2.10
1.445	9.86	1.70
1.495	9.94	1.50
1.545	10.01	



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 60 นาที หลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1053 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.2 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.3342 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	34.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00248 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.08436 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.243
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.563
Total wt% H_2O_2	27.806

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

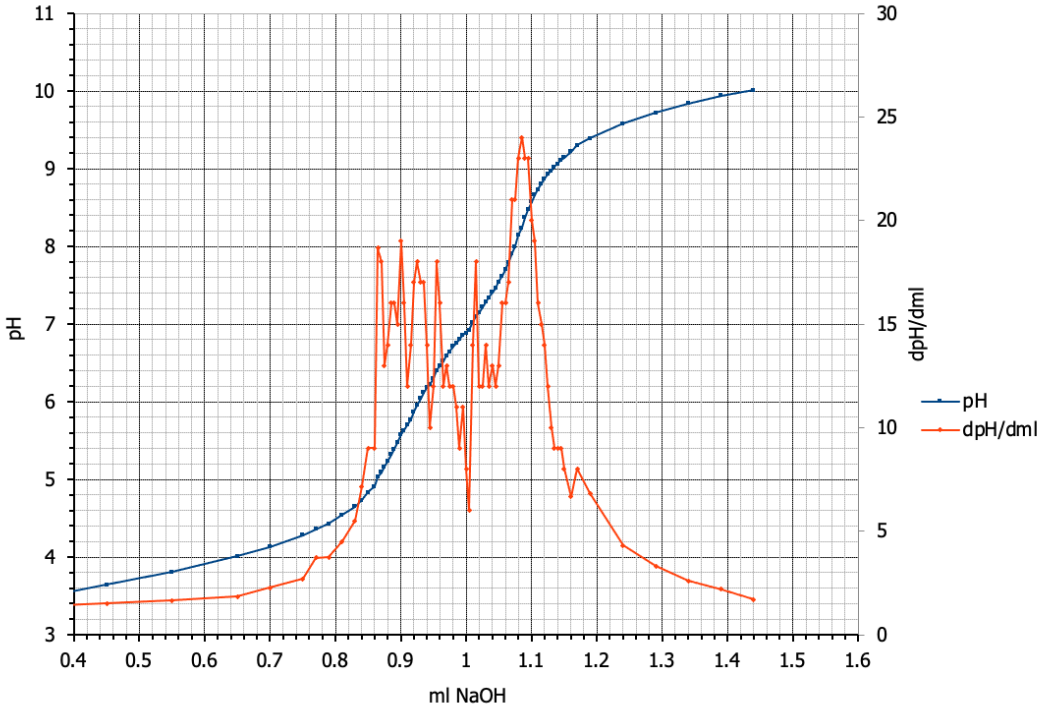
ตารางที่ ซ.2 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.06	
0.050	3.09	0.80
0.150	3.21	1.35
0.250	3.36	1.50
0.350	3.51	1.55
0.450	3.67	1.70
0.550	3.85	1.93
0.600	3.95	2.10
0.650	4.06	2.60
0.700	4.21	3.00
0.720	4.27	3.50
0.740	4.35	4.50
0.760	4.45	5.25
0.780	4.56	6.50
0.790	4.63	7.50
0.800	4.71	8.00
0.810	4.79	10.50
0.820	4.92	13.67
0.825	4.99	16.00
0.830	5.08	17.00
0.835	5.16	18.00
0.840	5.26	22.00
0.845	5.38	24.00
0.850	5.50	21.00
0.855	5.59	20.00
0.860	5.70	15.00
0.865	5.74	15.00
0.870	5.85	19.00
0.875	5.93	17.00
0.880	6.02	17.00
0.885	6.10	17.00
0.890	6.19	17.00
0.895	6.27	13.00
0.900	6.32	15.00
0.905	6.42	19.00
0.910	6.51	17.00
0.915	6.59	16.00
0.920	6.67	13.00
0.925	6.72	11.00
0.930	6.78	10.00
0.935	6.82	9.00
0.940	6.87	11.00
0.945	6.93	12.00
0.950	6.99	11.00
0.955	7.04	11.00
0.960	7.10	12.00
0.965	7.16	13.00
0.970	7.23	14.00
0.975	7.30	13.00
0.980	7.36	12.00
0.985	7.42	13.00
0.990	7.49	17.00
0.995	7.59	20.00
1.000	7.69	20.00
1.005	7.79	28.00
1.010	7.97	28.00
1.015	8.07	26.00
1.020	8.23	27.00
1.025	8.34	24.00
1.030	8.47	23.00
1.035	8.57	20.00
1.040	8.67	18.00
1.045	8.75	16.00
1.050	8.83	15.00
1.055	8.90	13.00
1.060	8.96	11.00
1.065	9.01	10.00
1.070	9.06	9.00
1.075	9.10	8.00
1.080	9.14	8.00
1.085	9.18	7.67
1.095	9.25	6.50
1.105	9.31	6.00
1.115	9.37	5.67
1.135	9.47	4.25
1.155	9.54	3.41
1.205	9.70	2.80
1.255	9.82	2.20
1.305	9.92	1.80
1.355	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 90 นาที หลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1135 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.3 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2035 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00150 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05096 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.041
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.707
Total wt% H_2O_2	27.748

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

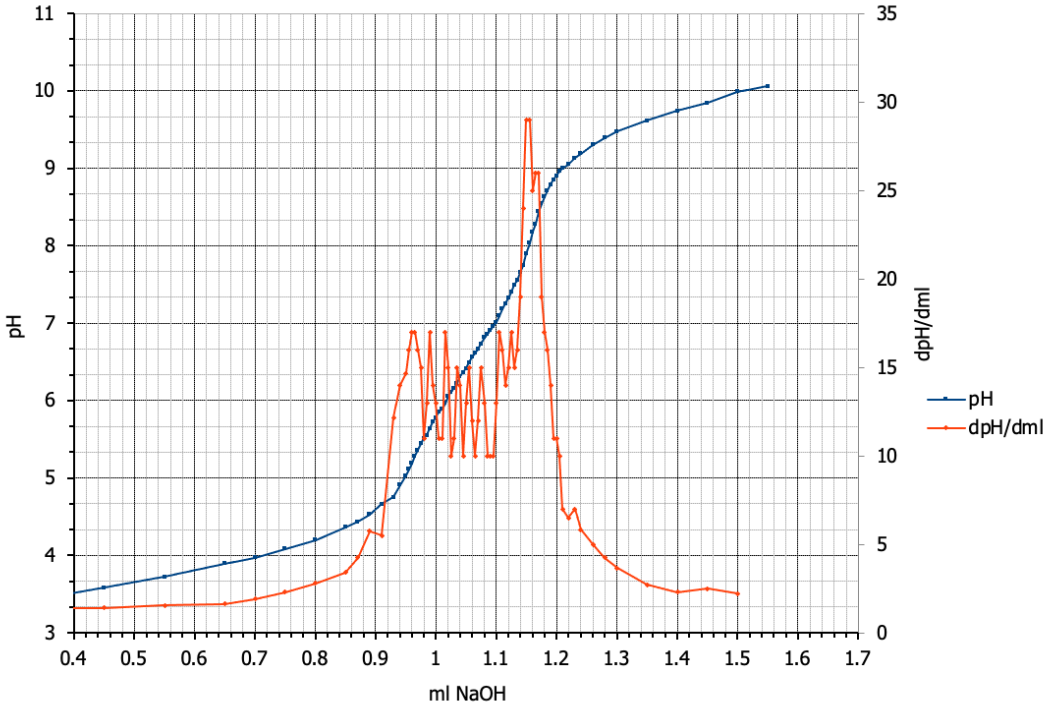
ตารางที่ ซ.3 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.03	
0.050	3.07	0.97
0.150	3.20	1.35
0.250	3.34	1.40
0.350	3.48	1.50
0.450	3.64	1.65
0.550	3.81	1.85
0.650	4.01	2.27
0.700	4.13	2.70
0.750	4.28	3.71
0.770	4.36	3.75
0.790	4.43	4.50
0.810	4.54	5.50
0.830	4.65	7.17
0.840	4.73	9.00
0.850	4.83	9.00
0.860	4.91	18.67
0.865	5.03	18.00
0.870	5.09	13.00
0.875	5.16	14.00
0.880	5.23	16.00
0.885	5.32	16.00
0.890	5.39	15.00
0.895	5.47	19.00
0.900	5.58	16.00
0.905	5.63	12.00
0.910	5.70	14.00
0.915	5.77	17.00
0.920	5.87	18.00
0.925	5.95	17.00
0.930	6.04	17.00
0.935	6.12	14.00
0.940	6.18	10.00
0.945	6.22	12.00
0.950	6.30	18.00
0.955	6.40	16.00
0.960	6.46	12.00
0.965	6.52	13.00
0.970	6.59	12.00
0.975	6.64	12.00
0.980	6.71	11.00
0.985	6.75	9.00
0.990	6.80	11.00
0.995	6.86	8.00
1.000	6.88	6.00
1.005	6.92	14.00
1.010	7.02	18.00
1.015	7.10	12.00
1.020	7.14	12.00
1.025	7.22	14.00
1.030	7.28	12.00
1.035	7.34	13.00
1.040	7.41	12.00
1.045	7.46	13.00
1.050	7.54	16.00
1.055	7.62	16.00
1.060	7.70	17.00
1.065	7.79	21.00
1.070	7.91	21.00
1.075	8.00	23.00
1.080	8.14	24.00
1.085	8.24	23.00
1.090	8.37	23.00
1.095	8.47	20.00
1.100	8.57	19.00
1.105	8.66	16.00
1.110	8.73	15.00
1.115	8.81	14.00
1.120	8.87	12.00
1.125	8.93	10.00
1.130	8.97	9.00
1.135	9.02	9.00
1.140	9.06	9.00
1.145	9.11	8.00
1.150	9.14	6.67
1.160	9.22	8.00
1.170	9.30	6.83
1.190	9.39	4.30
1.240	9.58	3.30
1.290	9.72	2.60
1.340	9.84	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น ที่ 120 นาที หลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1268 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.4 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1977 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00146 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04950 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.036
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.194
Total wt% H_2O_2	27.229

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

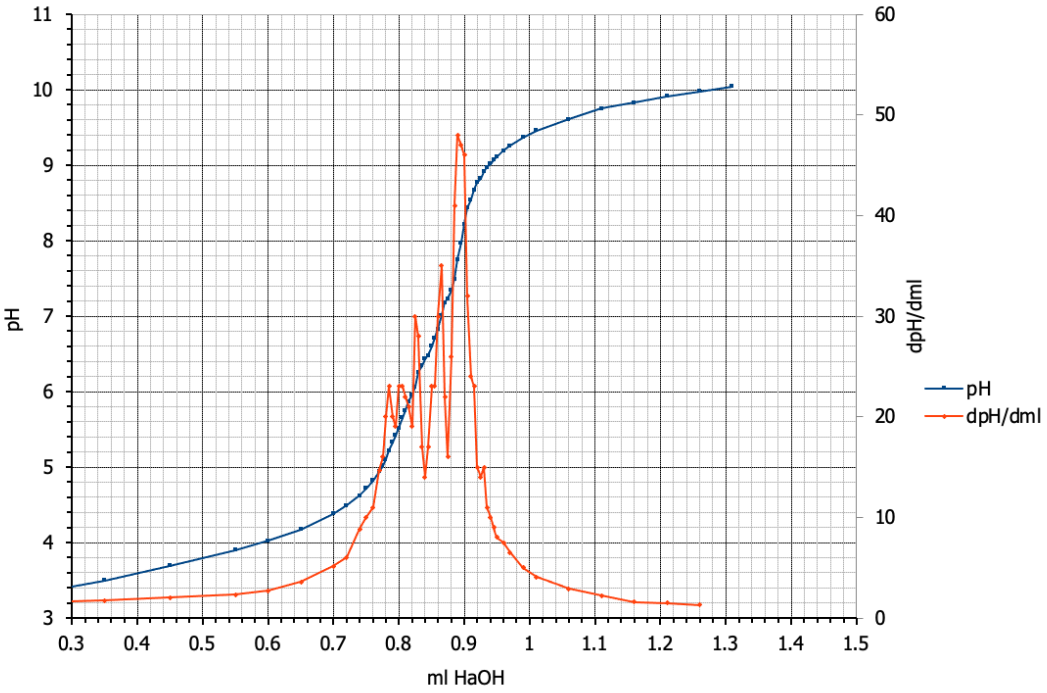
ตารางที่ ซ.4 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.04	
0.050	3.08	0.83
0.150	3.17	1.10
0.250	3.30	1.35
0.350	3.44	1.40
0.450	3.58	1.40
0.550	3.72	1.55
0.650	3.89	1.63
0.700	3.97	1.90
0.750	4.08	2.30
0.800	4.20	2.80
0.850	4.36	3.41
0.870	4.43	4.25
0.890	4.53	5.75
0.910	4.66	5.50
0.930	4.75	12.17
0.940	4.91	14.00
0.950	5.03	14.67
0.955	5.11	16.00
0.960	5.19	17.00
0.965	5.28	17.00
0.970	5.36	16.00
0.975	5.44	15.00
0.980	5.51	11.00
0.985	5.55	13.00
0.990	5.64	17.00
0.995	5.72	14.00
1.000	5.78	13.00
1.005	5.85	11.00
1.010	5.89	11.00
1.015	5.96	17.00
1.020	6.06	15.00
1.025	6.11	10.00
1.030	6.16	11.00
1.035	6.22	15.00
1.040	6.31	14.00
1.045	6.36	10.00
1.050	6.41	13.00
1.055	6.49	15.00
1.060	6.56	12.00
1.065	6.61	10.00
1.070	6.66	12.00
1.075	6.73	15.00
1.080	6.81	13.00
1.085	6.86	10.00
1.090	6.91	10.00
1.095	6.96	10.00
1.100	7.01	13.00
1.105	7.09	17.00
1.110	7.18	16.00
1.115	7.25	14.00
1.120	7.32	15.00
1.125	7.40	17.00
1.130	7.49	15.00
1.135	7.55	16.00
1.140	7.65	19.00
1.145	7.74	24.00
1.150	7.89	29.00
1.155	8.03	29.00
1.160	8.18	25.00
1.165	8.28	26.00
1.170	8.44	26.00
1.175	8.54	19.00
1.180	8.63	17.00
1.185	8.71	16.00
1.190	8.79	14.00
1.195	8.85	11.00
1.200	8.90	11.00
1.205	8.96	10.00
1.210	9.00	7.00
1.220	9.05	6.50
1.230	9.13	7.00
1.240	9.19	5.83
1.260	9.30	5.00
1.280	9.39	4.25
1.300	9.47	3.66
1.350	9.61	2.70
1.400	9.74	2.30
1.450	9.84	2.50
1.500	9.99	2.20
1.550	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2952 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.5 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2088 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	8.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00065 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.02216 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	10.611
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.366
Total wt% H_2O_2	10.977

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

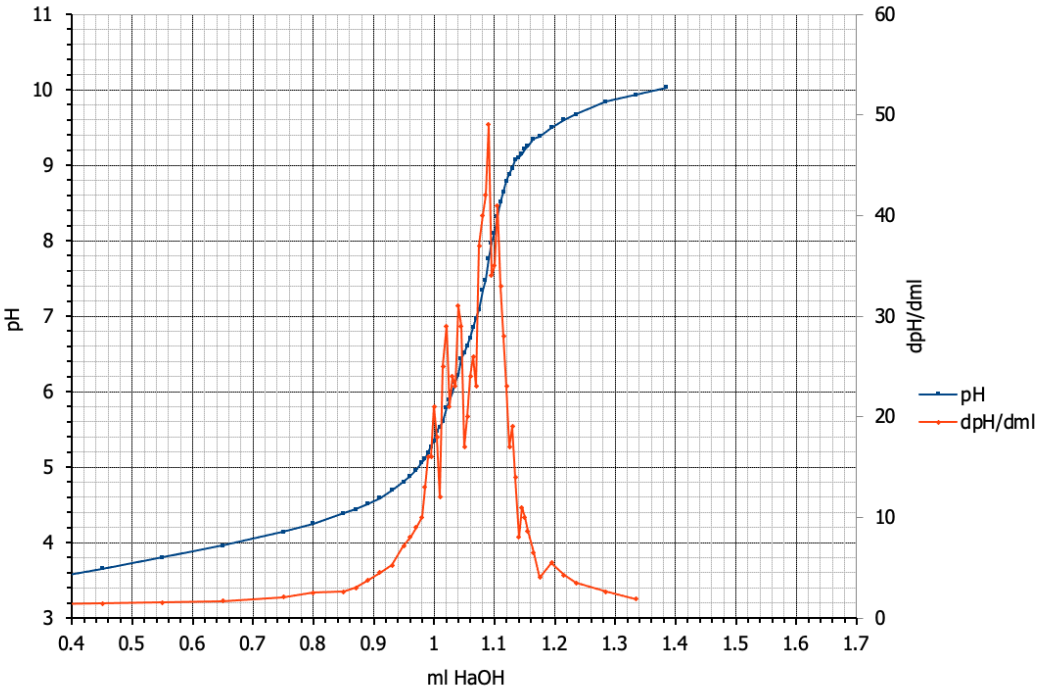
ตารางที่ ซ.5 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.99	
0.050	3.04	1.13
0.150	3.18	1.50
0.250	3.34	1.60
0.350	3.50	1.75
0.450	3.69	2.00
0.550	3.90	2.30
0.600	4.02	2.70
0.650	4.17	3.60
0.700	4.38	5.13
0.720	4.49	6.00
0.740	4.62	8.83
0.750	4.72	10.00
0.760	4.82	11.00
0.770	4.94	14.67
0.775	5.02	16.00
0.780	5.10	20.00
0.785	5.22	23.00
0.790	5.33	20.00
0.795	5.42	19.00
0.800	5.52	23.00
0.805	5.65	23.00
0.810	5.75	22.00
0.815	5.87	21.00
0.820	5.96	19.00
0.825	6.06	30.00
0.830	6.26	28.00
0.835	6.34	17.00
0.840	6.43	14.00
0.845	6.48	17.00
0.850	6.60	23.00
0.855	6.71	23.00
0.860	6.83	30.00
0.865	7.01	35.00
0.870	7.18	22.00
0.875	7.23	16.00
0.880	7.34	26.00
0.885	7.49	41.00
0.890	7.75	48.00
0.895	7.97	47.00
0.900	8.22	46.00
0.905	8.43	32.00
0.910	8.54	24.00
0.915	8.67	23.00
0.920	8.77	15.00
0.925	8.82	14.00
0.930	8.91	15.00
0.935	8.97	11.00
0.940	9.02	10.00
0.945	9.07	9.00
0.950	9.11	8.00
0.960	9.19	7.50
0.970	9.26	6.50
0.990	9.37	5.00
1.010	9.46	4.07
1.060	9.61	2.90
1.110	9.75	2.20
1.160	9.83	1.60
1.210	9.91	1.50
1.260	9.98	1.30
1.310	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4071 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.6 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2047 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	8.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00059 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01992 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	9.729
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.286
Total wt% H_2O_2	10.015

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ.6 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.02	
0.050	3.09	1.40
0.150	3.23	1.40
0.250	3.37	1.40
0.350	3.51	1.40
0.450	3.65	1.45
0.550	3.80	1.55
0.650	3.96	1.70
0.750	4.14	2.07
0.800	4.25	2.50
0.850	4.39	2.59
0.870	4.44	3.00
0.890	4.51	3.75
0.910	4.59	4.50
0.930	4.69	5.25
0.950	4.80	7.17
0.960	4.88	8.00
0.970	4.96	9.00
0.980	5.06	10.00
0.985	5.11	13.00
0.990	5.19	16.00
0.995	5.27	16.00
1.000	5.35	21.00
1.005	5.48	18.00
1.010	5.53	12.00
1.015	5.60	25.00
1.020	5.78	29.00

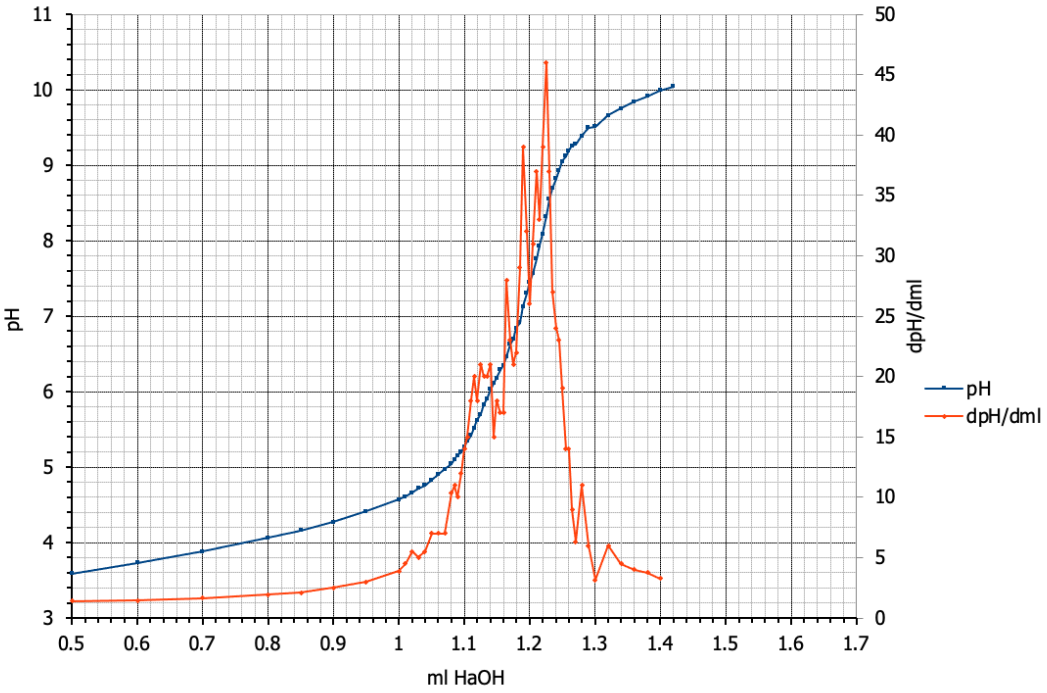
ml	pH	dpH/dml
1.025	5.89	21.00
1.030	5.99	24.00
1.035	6.13	23.00
1.040	6.22	31.00
1.045	6.44	29.00
1.050	6.51	17.00
1.055	6.61	20.00
1.060	6.71	24.00
1.065	6.85	26.00
1.070	6.97	23.00
1.075	7.08	37.00
1.080	7.34	40.00
1.085	7.48	42.00
1.090	7.76	49.00
1.095	7.97	34.00
1.100	8.10	35.00
1.105	8.32	41.00
1.110	8.51	33.00
1.115	8.65	28.00
1.120	8.79	23.00
1.125	8.88	17.00
1.130	8.96	19.00
1.135	9.07	14.00
1.140	9.10	8.00
1.145	9.15	11.00
1.150	9.21	10.00
1.155	9.25	8.67

ml	pH	dpH/dml
1.165	9.35	6.50
1.175	9.38	4.00
1.195	9.50	5.50
1.215	9.60	4.25
1.235	9.67	3.47
1.285	9.84	2.60
1.335	9.93	1.90
1.385	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5071 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.7 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2150 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00057 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01942 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	9.032
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.278
Total wt% H_2O_2	9.310

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

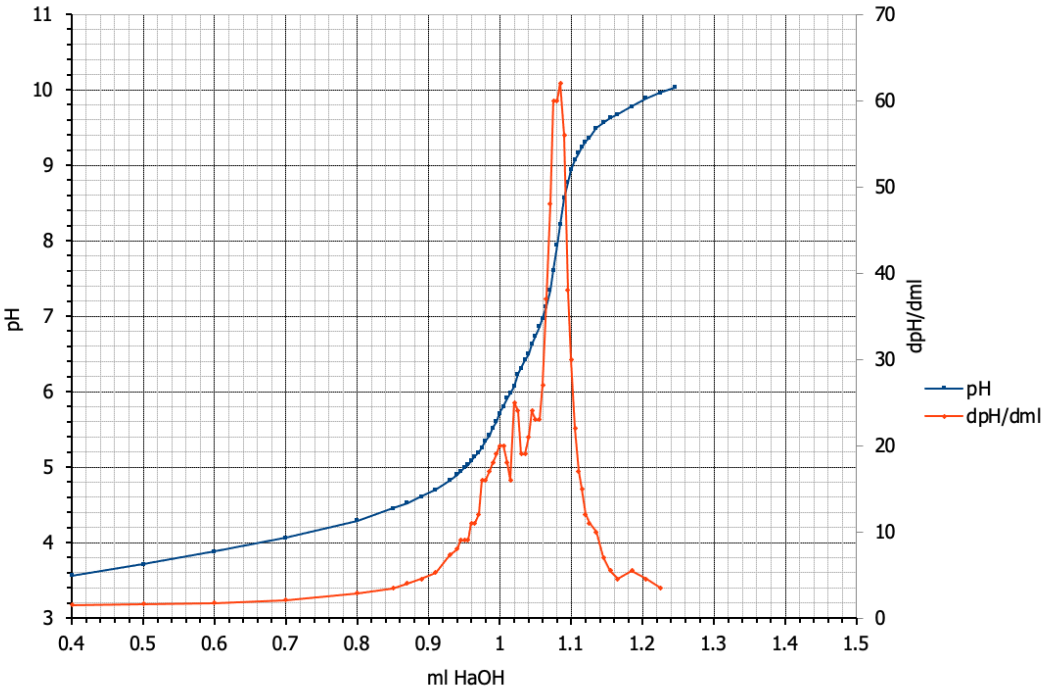
ตารางที่ ซ.7 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.85	
0.100	3.01	1.55
0.200	3.16	1.55
0.300	3.32	1.45
0.400	3.45	1.35
0.500	3.59	1.40
0.600	3.73	1.45
0.700	3.88	1.65
0.800	4.06	1.93
0.850	4.16	2.10
0.900	4.27	2.50
0.950	4.41	3.00
1.000	4.57	3.87
1.010	4.61	4.50
1.020	4.66	5.50
1.030	4.72	5.00
1.040	4.76	5.50
1.050	4.83	7.00
1.060	4.90	7.00
1.070	4.97	7.00
1.080	5.04	10.33
1.085	5.10	11.00
1.090	5.15	10.00
1.095	5.20	12.00
1.100	5.27	14.00
1.105	5.34	15.00
1.110	5.42	18.00
1.115	5.52	20.00
1.120	5.62	18.00
1.125	5.70	21.00
1.130	5.83	20.00
1.135	5.90	20.00
1.140	6.03	21.00
1.145	6.11	15.00
1.150	6.18	18.00
1.155	6.29	17.00
1.160	6.35	17.00
1.165	6.46	28.00
1.170	6.63	23.00
1.175	6.69	21.00
1.180	6.84	22.00
1.185	6.91	29.00
1.190	7.13	39.00
1.195	7.30	32.00
1.200	7.45	26.00
1.205	7.56	31.00
1.210	7.76	37.00
1.215	7.93	33.00
1.220	8.09	39.00
1.225	8.32	46.00
1.230	8.55	37.00
1.235	8.69	27.00
1.240	8.82	24.00
1.245	8.93	23.00
1.250	9.05	19.00
1.255	9.12	14.00
1.260	9.19	14.00
1.265	9.26	9.00
1.270	9.28	6.33
1.280	9.39	11.00
1.290	9.50	6.00
1.300	9.51	3.17
1.320	9.66	6.00
1.340	9.75	4.50
1.360	9.84	4.00
1.380	9.91	3.75
1.400	9.99	3.25
1.420	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 4

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4919 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.8 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 4

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 4

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2042 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00051 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01743 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	8.534
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.219
Total wt% H_2O_2	8.754

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

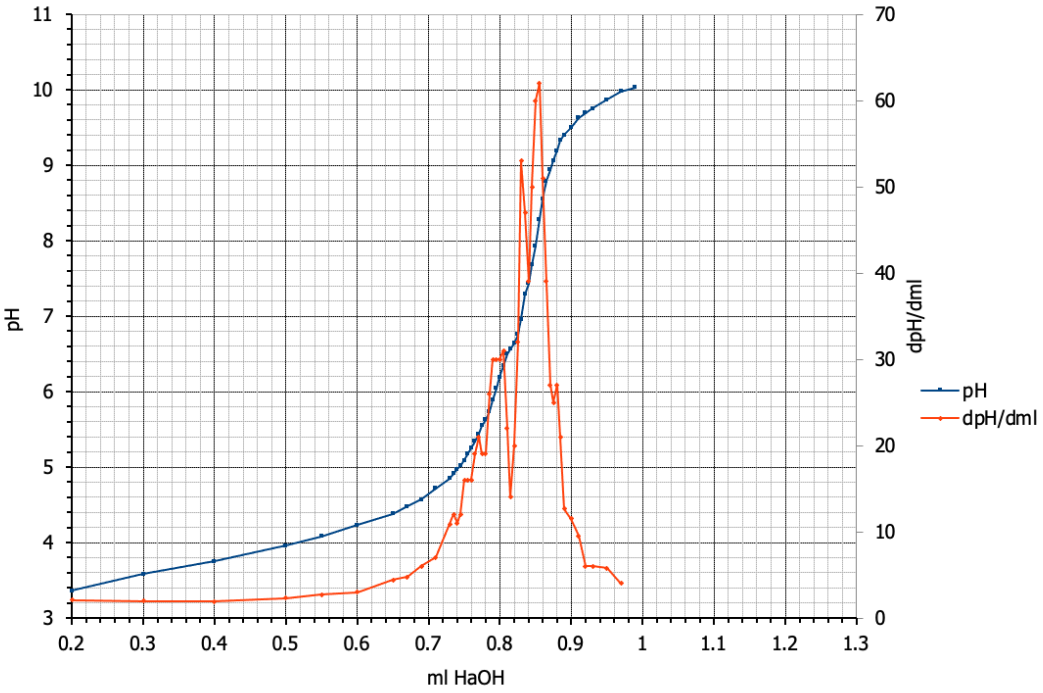
ตารางที่ ซ.8 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.92	
0.100	3.09	1.65
0.200	3.25	1.60
0.300	3.41	1.55
0.400	3.56	1.50
0.500	3.71	1.60
0.600	3.88	1.75
0.700	4.06	2.05
0.800	4.29	2.90
0.850	4.45	3.41
0.870	4.52	4.00
0.890	4.61	4.50
0.910	4.70	5.25
0.930	4.82	7.33
0.940	4.90	8.00
0.945	4.94	9.00
0.950	4.99	9.00
0.955	5.03	9.00
0.960	5.08	11.00
0.965	5.14	11.00
0.970	5.19	12.00
0.975	5.26	16.00
0.980	5.35	16.00
0.985	5.42	17.00
0.990	5.52	18.00
0.995	5.60	19.00
1.000	5.71	20.00
1.005	5.80	20.00
1.010	5.91	18.00
1.015	5.98	16.00
1.020	6.07	25.00
1.025	6.23	24.00
1.030	6.31	19.00
1.035	6.42	19.00
1.040	6.50	21.00
1.045	6.63	24.00
1.050	6.74	23.00
1.055	6.86	23.00
1.060	6.97	27.00
1.065	7.13	37.00
1.070	7.34	48.00
1.075	7.61	60.00
1.080	7.94	60.00
1.085	8.21	62.00
1.090	8.56	56.00
1.095	8.77	38.00
1.100	8.94	30.00
1.105	9.07	22.00
1.110	9.16	17.00
1.115	9.24	15.00
1.120	9.31	12.00
1.125	9.36	11.00
1.135	9.49	10.00
1.145	9.56	7.00
1.155	9.63	5.50
1.165	9.67	4.50
1.185	9.78	5.50
1.205	9.89	4.50
1.225	9.96	3.50
1.245	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยน้ำกลั่น วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4980 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.9 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2116 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00049 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01668 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	7.883
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.167
Total wt% H_2O_2	8.049

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

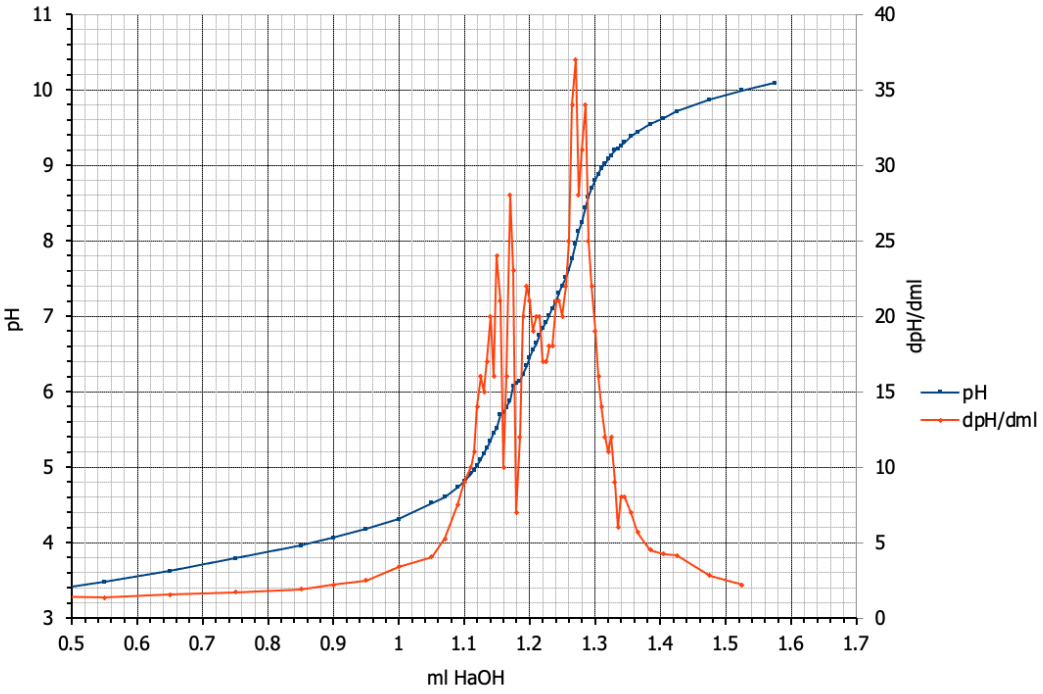
ตารางที่ ซ.9 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.98	
0.100	3.17	1.90
0.200	3.36	2.05
0.300	3.58	1.95
0.400	3.75	1.90
0.500	3.96	2.30
0.550	4.08	2.70
0.600	4.23	3.00
0.650	4.38	4.43
0.670	4.48	4.75
0.690	4.57	6.00
0.710	4.72	7.00
0.730	4.85	10.90
0.735	4.91	12.00
0.740	4.97	11.00
0.745	5.02	12.00
0.750	5.09	16.00
0.755	5.18	16.00
0.760	5.25	16.00
0.765	5.34	19.00
0.770	5.44	21.00
0.775	5.55	19.00
0.780	5.63	19.00
0.785	5.74	26.00
0.790	5.89	30.00
0.795	6.04	30.00
0.800	6.19	30.00
0.805	6.34	31.00
0.810	6.50	22.00
0.815	6.56	14.00
0.820	6.64	20.00
0.825	6.76	32.00
0.830	6.96	53.00
0.835	7.29	47.00
0.840	7.43	39.00
0.845	7.68	50.00
0.850	7.93	60.00
0.855	8.28	62.00
0.860	8.55	51.00
0.865	8.79	39.00
0.870	8.94	27.00
0.875	9.06	25.00
0.880	9.19	27.00
0.885	9.33	21.00
0.890	9.40	12.67
0.900	9.50	11.50
0.910	9.63	9.50
0.920	9.69	6.00
0.930	9.75	6.00
0.950	9.87	5.75
0.970	9.98	4.00
0.990	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1122 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.10 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2284 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00184 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06274 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	27.468
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.510
Total wt% H_2O_2	28.977

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

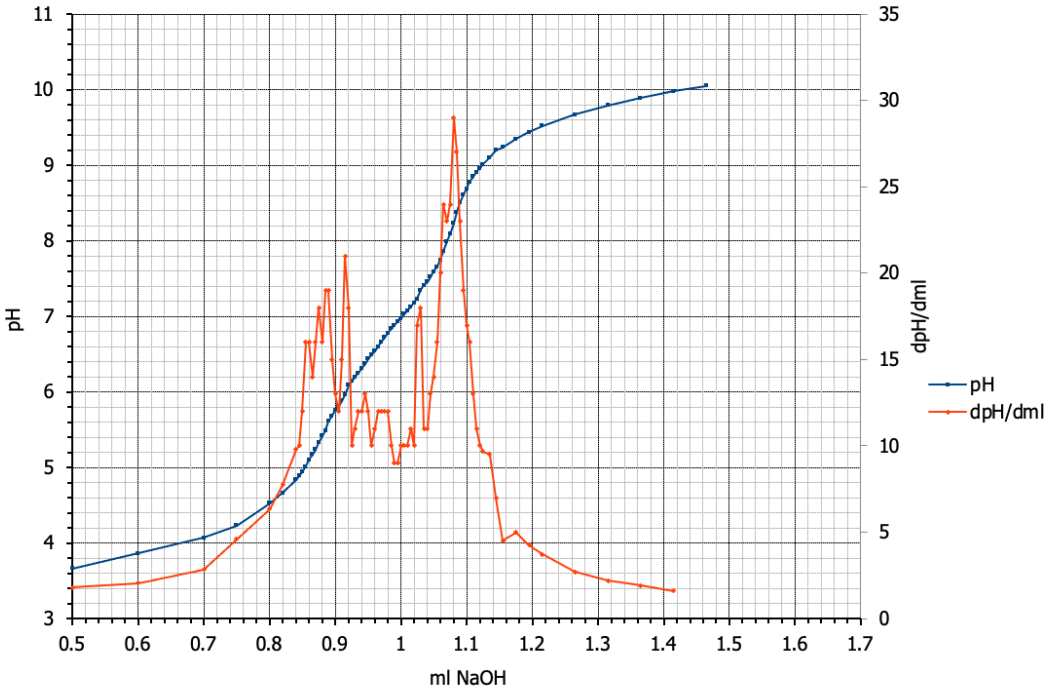
ตารางที่ ซ.10 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.75	
0.050	2.79	1.00
0.150	2.93	1.30
0.250	3.05	1.35
0.350	3.20	1.50
0.450	3.35	1.40
0.550	3.48	1.35
0.650	3.62	1.55
0.750	3.79	1.70
0.850	3.96	1.90
0.900	4.06	2.20
0.950	4.18	2.50
1.000	4.31	3.40
1.050	4.52	4.06
1.070	4.60	5.25
1.090	4.73	7.50
1.100	4.81	9.00
1.110	4.91	10.00
1.115	4.96	11.00
1.120	5.02	14.00
1.125	5.10	16.00
1.130	5.18	15.00
1.135	5.25	17.00
1.140	5.35	20.00
1.145	5.45	16.00
1.150	5.51	24.00
1.155	5.69	21.00
1.160	5.72	10.00
1.165	5.79	16.00
1.170	5.88	28.00
1.175	6.07	23.00
1.180	6.11	7.00
1.185	6.14	12.00
1.190	6.23	20.00
1.195	6.34	22.00
1.200	6.45	21.00
1.205	6.55	19.00
1.210	6.64	20.00
1.215	6.75	20.00
1.220	6.84	17.00
1.225	6.92	17.00
1.230	7.01	18.00
1.235	7.10	18.00
1.240	7.19	21.00
1.245	7.31	21.00
1.250	7.40	20.00
1.255	7.51	22.00
1.260	7.62	25.00
1.265	7.76	34.00
1.270	7.96	37.00
1.275	8.13	28.00
1.280	8.24	31.00
1.285	8.44	34.00
1.290	8.58	25.00
1.295	8.69	22.00
1.300	8.80	19.00
1.305	8.88	16.00
1.310	8.96	14.00
1.315	9.02	12.00
1.320	9.08	11.00
1.325	9.13	12.00
1.330	9.20	9.00
1.335	9.22	6.00
1.340	9.26	8.00
1.345	9.30	8.00
1.355	9.38	7.00
1.365	9.44	5.67
1.385	9.54	4.50
1.405	9.62	4.25
1.425	9.71	4.13
1.475	9.87	2.80
1.525	9.99	2.20
1.575	10.09	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1045 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.11 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2818 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	29.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.002122 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.07220 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.620
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.622
Total wt% H_2O_2	28.242

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

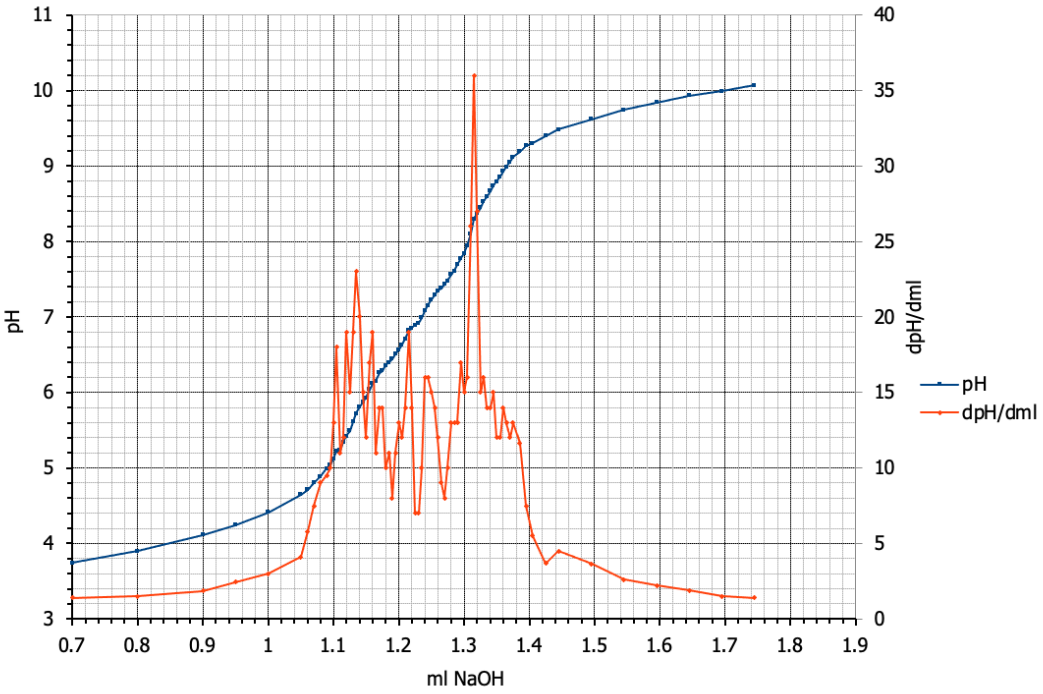
ตารางที่ ซ.11 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.77	
0.100	2.89	1.40
0.200	3.05	1.55
0.300	3.20	2.25
0.400	3.50	2.30
0.500	3.66	1.80
0.600	3.86	2.05
0.700	4.07	2.83
0.750	4.23	4.60
0.800	4.53	6.36
0.820	4.66	7.75
0.840	4.84	9.80
0.845	4.89	10.00
0.850	4.94	12.00
0.855	5.01	16.00
0.860	5.10	16.00
0.865	5.17	14.00
0.870	5.24	16.00
0.875	5.33	18.00
0.880	5.42	16.00
0.885	5.49	19.00
0.890	5.61	19.00
0.895	5.68	15.00
0.900	5.76	13.00
0.905	5.81	12.00
0.910	5.88	15.00
0.915	5.96	21.00
0.920	6.09	18.00
0.925	6.14	10.00
0.930	6.19	11.00
0.935	6.25	12.00
0.940	6.31	12.00
0.945	6.37	13.00
0.950	6.44	12.00
0.955	6.49	10.00
0.960	6.54	11.00
0.965	6.60	12.00
0.970	6.66	12.00
0.975	6.72	12.00
0.980	6.78	12.00
0.985	6.84	10.00
0.990	6.88	9.00
0.995	6.93	9.00
1.000	6.97	10.00
1.005	7.03	10.00
1.010	7.07	10.00
1.015	7.13	11.00
1.020	7.18	10.00
1.025	7.23	17.00
1.030	7.35	18.00
1.035	7.41	11.00
1.040	7.46	11.00
1.045	7.52	13.00
1.050	7.59	14.00
1.055	7.66	16.00
1.060	7.75	20.00
1.065	7.86	24.00
1.070	7.99	23.00
1.075	8.09	24.00
1.080	8.23	29.00
1.085	8.38	27.00
1.090	8.50	23.00
1.095	8.61	19.00
1.100	8.69	17.00
1.105	8.78	16.00
1.110	8.85	13.00
1.115	8.91	11.00
1.120	8.96	10.00
1.125	9.01	9.67
1.135	9.10	9.50
1.145	9.20	7.00
1.155	9.24	4.50
1.175	9.35	5.00
1.195	9.44	4.25
1.215	9.52	3.71
1.265	9.67	2.70
1.315	9.79	2.20
1.365	9.89	1.90
1.415	9.98	1.60
1.465	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1269 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.12 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2149 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00156 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05427 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.254
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.355
Total wt% H_2O_2	27.610

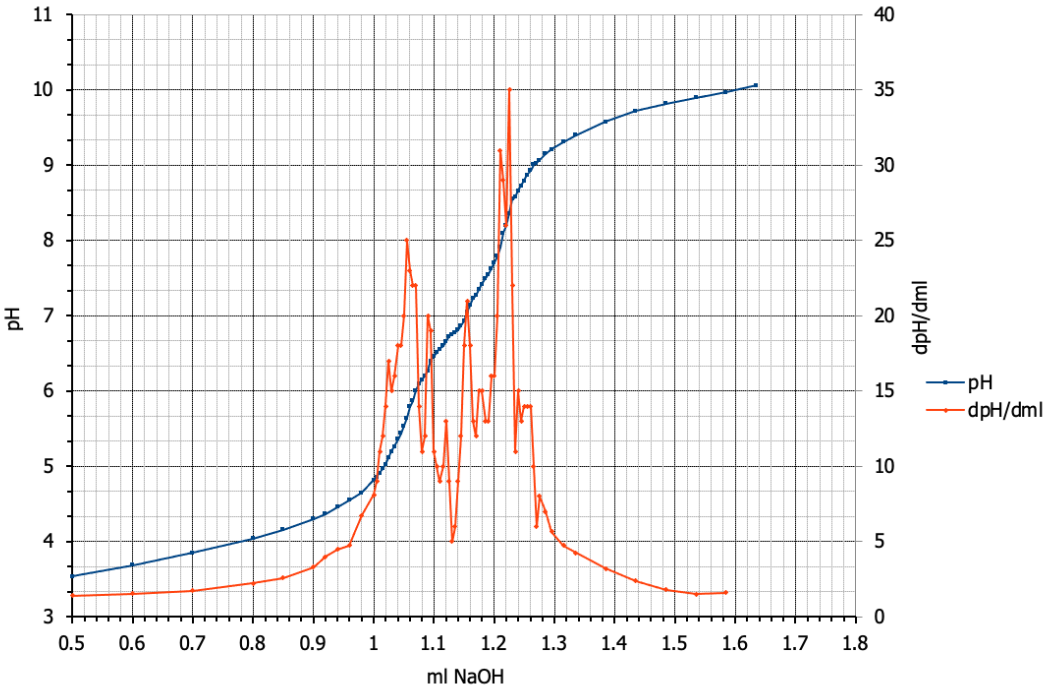
ตารางที่ ซ.12 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.85		1.145	5.87	12.00	1.280	7.56	13.00
0.100	2.94	1.15	1.150	5.93	17.00	1.285	7.61	13.00
0.200	3.08	1.30	1.155	6.04	19.00	1.290	7.69	17.00
0.300	3.20	1.25	1.160	6.12	11.00	1.295	7.78	15.00
0.400	3.33	1.30	1.165	6.15	14.00	1.300	7.84	16.00
0.500	3.46	1.35	1.170	6.26	14.00	1.305	7.94	26.00
0.600	3.60	1.40	1.175	6.29	10.00	1.310	8.10	36.00
0.700	3.74	1.50	1.180	6.36	11.00	1.315	8.30	27.00
0.800	3.90	1.85	1.185	6.40	8.00	1.320	8.37	15.00
0.900	4.11	2.43	1.190	6.44	11.00	1.325	8.45	16.00
0.950	4.24	3.00	1.195	6.51	13.00	1.330	8.53	14.00
1.000	4.41	4.10	1.200	6.57	12.00	1.335	8.59	14.00
1.050	4.65	5.80	1.205	6.63	14.00	1.340	8.67	15.00
1.060	4.71	7.50	1.210	6.71	19.00	1.345	8.74	12.00
1.070	4.80	9.00	1.215	6.82	14.00	1.350	8.79	12.00
1.080	4.89	9.50	1.220	6.85	7.00	1.355	8.86	14.00
1.090	4.99	10.00	1.225	6.89	7.00	1.360	8.93	13.00
1.095	5.04	13.00	1.230	6.92	10.00	1.365	8.99	12.00
1.100	5.12	18.00	1.235	6.99	16.00	1.370	9.05	13.00
1.105	5.22	11.00	1.240	7.08	16.00	1.375	9.12	11.67
1.110	5.23	12.00	1.245	7.15	15.00	1.385	9.19	7.50
1.115	5.34	19.00	1.250	7.23	14.00	1.395	9.27	5.50
1.120	5.42	15.00	1.255	7.29	12.00	1.405	9.30	3.67
1.125	5.49	19.00	1.260	7.35	9.00	1.425	9.40	4.50
1.130	5.61	23.00	1.265	7.38	8.00	1.445	9.48	3.66
1.135	5.72	20.00	1.270	7.43	10.00	1.495	9.62	2.60
1.140	5.81	15.00	1.275	7.48	13.00	1.545	9.74	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1199 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.13 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2067 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00152 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05178 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.052
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.354
Total wt% H_2O_2	27.406

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

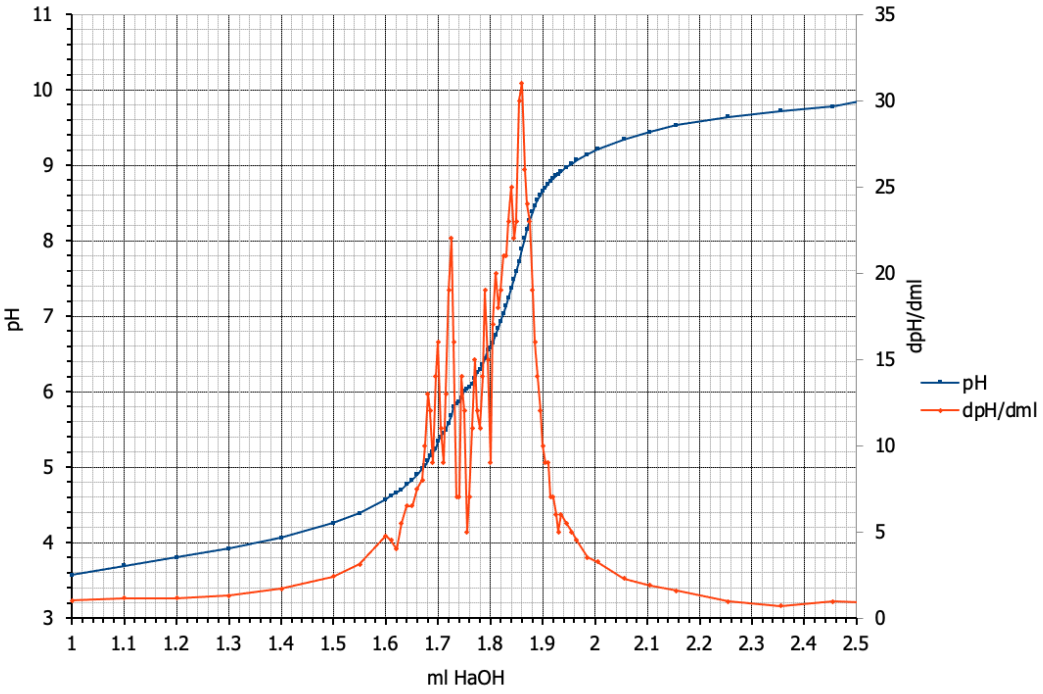
ตารางที่ ซ.13 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.93	
0.100	3.03	1.10
0.200	3.15	1.20
0.300	3.27	1.30
0.400	3.41	1.35
0.500	3.54	1.40
0.600	3.69	1.55
0.700	3.85	1.75
0.800	4.04	2.23
0.850	4.16	2.60
0.900	4.30	3.30
0.920	4.37	4.00
0.940	4.46	4.50
0.960	4.55	4.75
0.980	4.65	6.75
1.000	4.82	8.10
1.005	4.86	9.00
1.010	4.91	11.00
1.015	4.97	12.00
1.020	5.03	14.00
1.025	5.11	17.00
1.030	5.20	15.00
1.035	5.26	16.00
1.040	5.36	18.00
1.045	5.44	18.00
1.050	5.54	20.00
1.055	5.64	25.00
1.060	5.79	23.00
1.065	5.87	22.00
1.070	6.01	22.00
1.075	6.09	14.00
1.080	6.15	11.00
1.085	6.20	12.00
1.090	6.27	20.00
1.095	6.40	19.00
1.100	6.46	11.00
1.105	6.51	10.00
1.110	6.56	9.00
1.115	6.60	10.00
1.120	6.66	13.00
1.125	6.73	9.00
1.130	6.75	5.00
1.135	6.78	6.00
1.140	6.81	9.00
1.145	6.87	12.00
1.150	6.93	18.00
1.155	7.05	21.00
1.160	7.14	18.00
1.165	7.23	13.00
1.170	7.27	12.00
1.175	7.35	15.00
1.180	7.42	15.00
1.185	7.50	13.00
1.190	7.55	13.00
1.195	7.63	16.00
1.200	7.71	16.00
1.205	7.79	20.00
1.210	7.91	31.00
1.215	8.10	29.00
1.220	8.20	26.00
1.225	8.36	35.00
1.230	8.55	22.00
1.235	8.58	11.00
1.240	8.66	15.00
1.245	8.73	13.00
1.250	8.79	14.00
1.255	8.87	14.00
1.260	8.93	14.00
1.265	9.01	10.00
1.270	9.03	6.00
1.275	9.07	8.00
1.285	9.15	7.00
1.295	9.21	5.67
1.315	9.31	4.75
1.335	9.40	4.24
1.385	9.58	3.20
1.435	9.72	2.40
1.485	9.82	1.80
1.535	9.90	1.50
1.585	9.97	1.60
1.635	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4809 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.14 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2256 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	8.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00064 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.02191 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	9.711
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.466
Total wt% H_2O_2	10.177

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

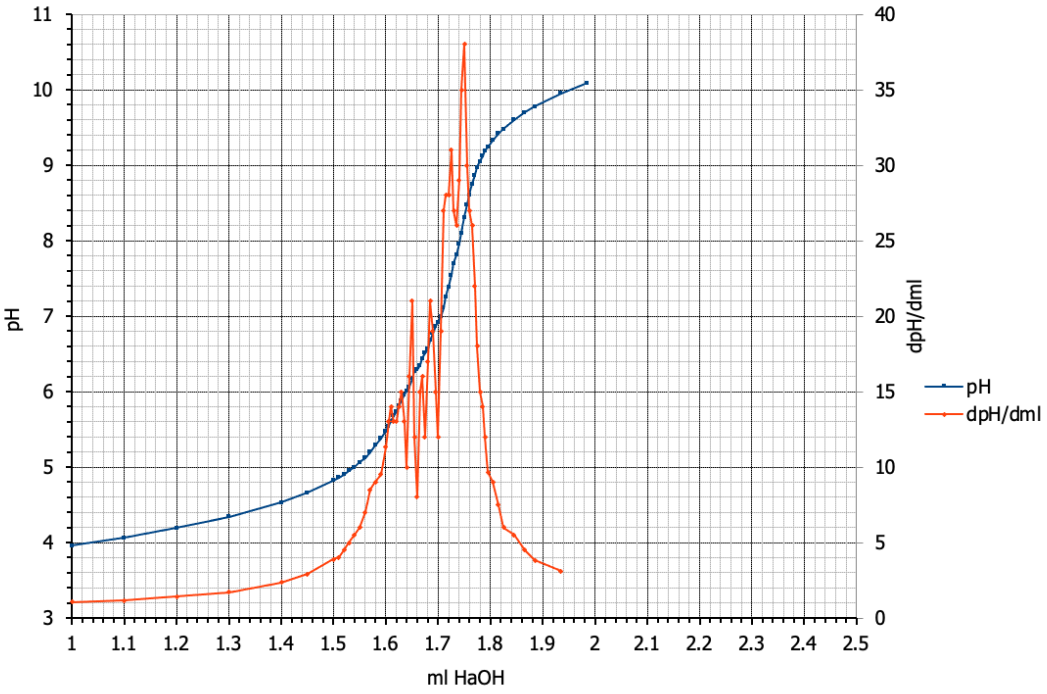
ตารางที่ ซ.14 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.65		1.685	5.15	12.00	1.820	6.93	19.00
0.100	2.72	0.85	1.690	5.20	9.00	1.825	7.03	21.00
0.200	2.82	1.00	1.695	5.24	14.00	1.830	7.14	21.00
0.300	2.92	1.00	1.700	5.34	16.00	1.835	7.24	23.00
0.400	3.02	1.00	1.705	5.40	11.00	1.840	7.37	25.00
0.500	3.12	1.00	1.710	5.45	9.00	1.845	7.49	22.00
0.600	3.22	0.95	1.715	5.49	13.00	1.850	7.59	23.00
0.700	3.31	0.90	1.720	5.58	19.00	1.855	7.72	30.00
0.800	3.40	0.90	1.725	5.68	22.00	1.860	7.89	31.00
0.900	3.49	0.85	1.730	5.80	16.00	1.865	8.03	26.00
1.000	3.57	1.00	1.735	5.84	7.00	1.870	8.15	24.00
1.100	3.69	1.15	1.740	5.87	7.00	1.875	8.27	23.00
1.200	3.80	1.15	1.745	5.91	14.00	1.880	8.38	19.00
1.300	3.92	1.30	1.750	6.01	12.00	1.885	8.46	16.00
1.400	4.06	1.70	1.755	6.03	5.00	1.890	8.54	14.00
1.500	4.26	2.40	1.760	6.06	7.00	1.895	8.60	12.00
1.550	4.39	3.10	1.765	6.10	11.00	1.900	8.66	10.00
1.600	4.57	4.77	1.770	6.17	15.00	1.905	8.70	9.00
1.610	4.62	4.50	1.775	6.25	12.00	1.910	8.75	9.00
1.620	4.66	4.00	1.780	6.29	11.00	1.915	8.79	7.00
1.630	4.70	5.50	1.785	6.36	14.00	1.920	8.82	7.00
1.640	4.77	6.50	1.790	6.43	19.00	1.925	8.86	6.00
1.650	4.83	6.50	1.795	6.55	15.00	1.930	8.88	5.00
1.660	4.90	7.50	1.800	6.58	9.00	1.935	8.91	6.00
1.670	4.98	8.00	1.805	6.64	17.00	1.945	8.97	5.50
1.675	5.02	10.00	1.810	6.75	20.00	1.955	9.02	5.00
1.680	5.08	13.00	1.815	6.84	18.00	1.965	9.07	4.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4979 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.15 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2105 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00054 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01842 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	8.752
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.334
Total wt% H_2O_2	9.085

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

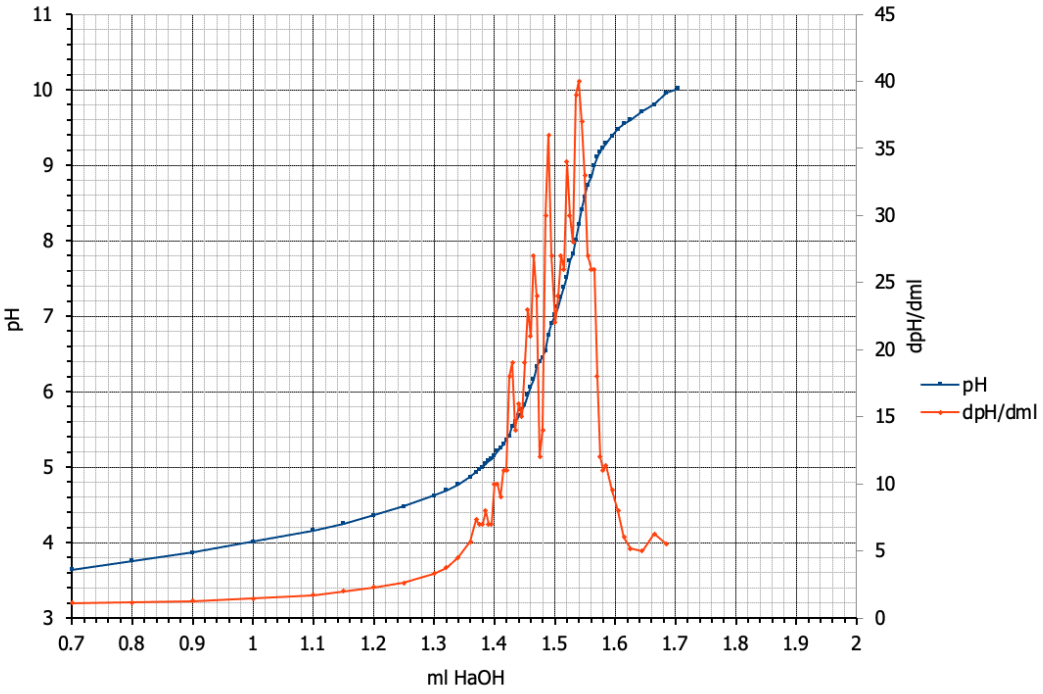
ตารางที่ ซ.15 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.95	
0.100	3.06	1.10
0.200	3.17	1.10
0.300	3.28	1.05
0.400	3.38	1.00
0.500	3.48	0.95
0.600	3.57	0.95
0.700	3.67	0.95
0.800	3.76	0.90
0.900	3.85	1.00
1.000	3.96	1.05
1.100	4.06	1.15
1.200	4.19	1.40
1.300	4.34	1.70
1.400	4.53	2.37
1.450	4.66	2.90
1.500	4.82	3.87
1.510	4.86	4.00
1.520	4.90	4.50
1.530	4.95	5.00
1.540	5.00	5.50
1.550	5.06	6.00
1.560	5.12	7.00
1.570	5.20	8.50
1.580	5.29	9.00
1.590	5.38	9.50
1.600	5.48	11.33
1.605	5.54	13.00
1.610	5.61	14.00
1.615	5.68	13.00
1.620	5.74	13.00
1.625	5.81	14.00
1.630	5.88	15.00
1.635	5.96	13.00
1.640	6.01	10.00
1.645	6.06	16.00
1.650	6.17	21.00
1.655	6.27	12.00
1.660	6.29	8.00
1.665	6.35	15.00
1.670	6.44	16.00
1.675	6.51	12.00
1.680	6.56	17.00
1.685	6.68	21.00
1.690	6.77	19.00
1.695	6.87	15.00
1.700	6.92	12.00
1.705	6.99	19.00
1.710	7.11	27.00
1.715	7.26	28.00
1.720	7.39	28.00
1.725	7.54	31.00
1.730	7.70	27.00
1.735	7.81	26.00
1.740	7.96	29.00
1.745	8.10	35.00
1.750	8.31	38.00
1.755	8.48	30.00
1.760	8.61	27.00
1.765	8.75	26.00
1.770	8.87	22.00
1.775	8.97	18.00
1.780	9.05	15.00
1.785	9.12	14.00
1.790	9.19	12.00
1.795	9.24	9.67
1.805	9.33	9.00
1.815	9.42	7.50
1.825	9.48	6.00
1.845	9.60	5.50
1.865	9.70	4.50
1.885	9.78	3.83
1.935	9.95	3.10
1.985	10.09	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4861 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.16 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2115 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00048 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01643 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	7.769
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.256
Total wt% H_2O_2	8.025

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

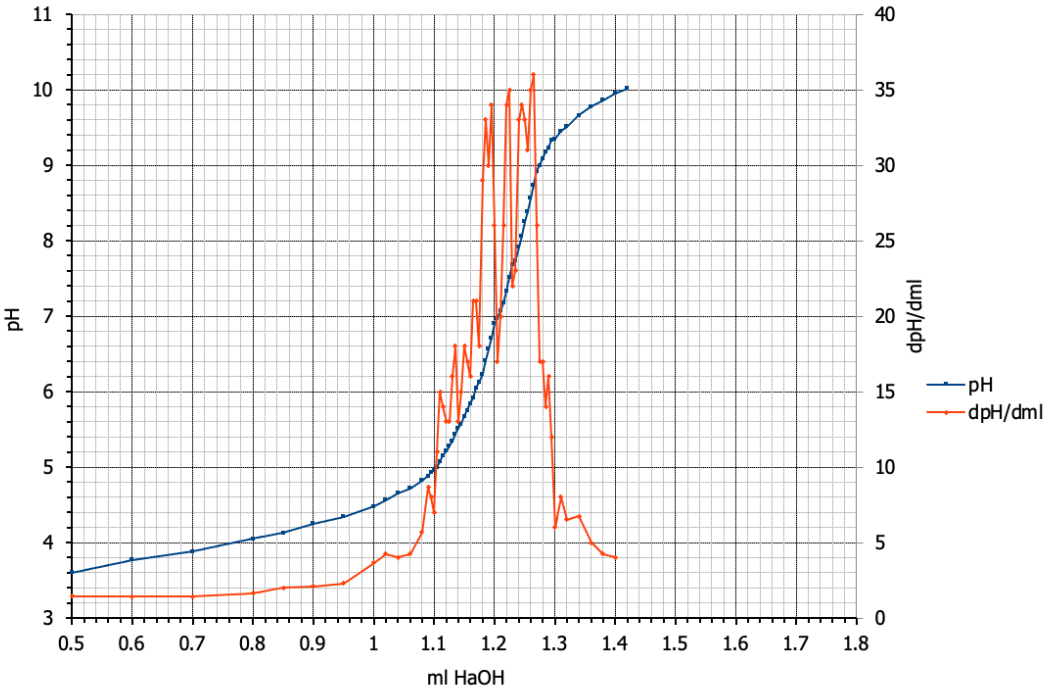
ตารางที่ ซ.16 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.80	
0.100	2.93	1.35
0.200	3.07	1.30
0.300	3.19	1.20
0.400	3.31	1.15
0.500	3.42	1.15
0.600	3.54	1.10
0.700	3.64	1.10
0.800	3.76	1.15
0.900	3.87	1.25
1.000	4.01	1.45
1.100	4.16	1.70
1.150	4.25	2.00
1.200	4.36	2.30
1.250	4.48	2.60
1.300	4.62	3.30
1.320	4.69	3.75
1.340	4.77	4.50
1.360	4.87	5.67
1.370	4.93	7.33
1.375	4.97	7.00
1.380	5.00	7.00
1.385	5.04	8.00
1.390	5.08	7.00
1.395	5.11	7.00
1.400	5.15	10.00
1.405	5.21	10.00
1.410	5.25	9.00
1.415	5.30	11.00
1.420	5.36	11.00
1.425	5.41	18.00
1.430	5.54	19.00
1.435	5.60	14.00
1.440	5.68	16.00
1.445	5.76	15.00
1.450	5.83	19.00
1.455	5.95	23.00
1.460	6.06	21.00
1.465	6.16	27.00
1.470	6.33	24.00
1.475	6.40	12.00
1.480	6.45	14.00
1.485	6.54	30.00
1.490	6.75	36.00
1.495	6.90	27.00
1.500	7.02	22.00
1.505	7.12	24.00
1.510	7.26	27.00
1.515	7.39	26.00
1.520	7.52	34.00
1.525	7.73	30.00
1.530	7.82	28.00
1.535	8.01	39.00
1.540	8.21	40.00
1.545	8.41	37.00
1.550	8.58	33.00
1.555	8.74	27.00
1.560	8.85	26.00
1.565	9.00	26.00
1.570	9.11	18.00
1.575	9.18	12.00
1.580	9.23	11.00
1.585	9.29	11.33
1.595	9.39	9.50
1.605	9.48	8.00
1.615	9.55	6.00
1.625	9.60	5.17
1.645	9.71	5.00
1.665	9.80	6.25
1.685	9.96	5.50
1.705	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5015 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.17 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1949 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	4.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00036 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01220 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	6.259
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.265
Total wt% H_2O_2	6.524

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

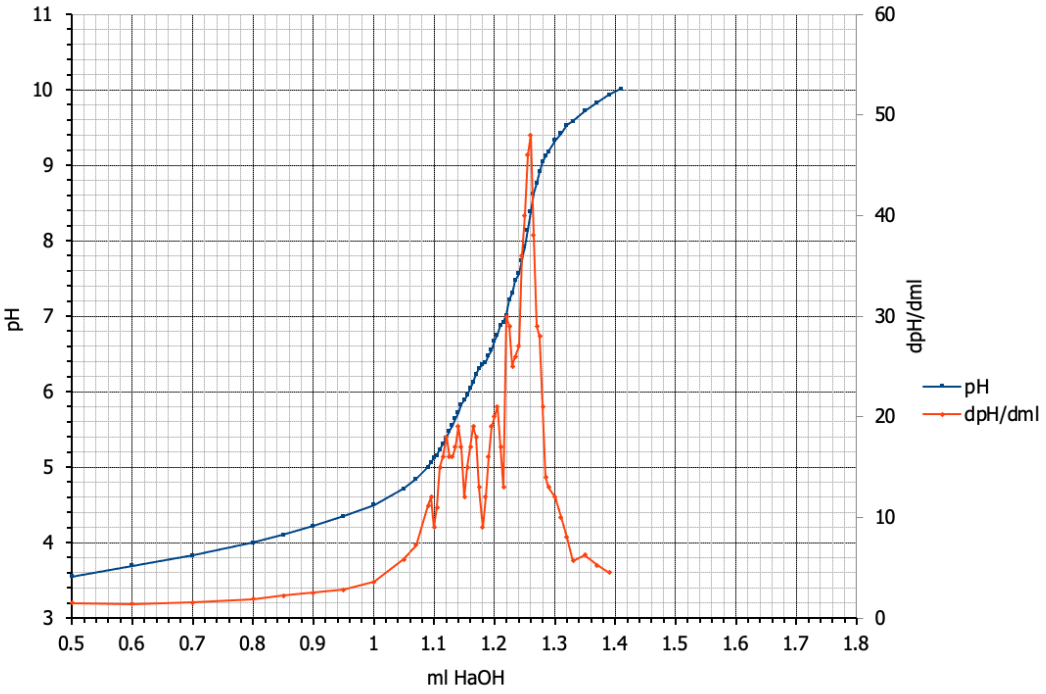
ตารางที่ ซ.17 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.88	
0.100	3.03	1.50
0.200	3.18	1.50
0.300	3.33	1.50
0.400	3.48	1.35
0.500	3.60	1.45
0.600	3.77	1.40
0.700	3.88	1.40
0.800	4.05	1.63
0.850	4.13	2.00
0.900	4.25	2.10
0.950	4.34	2.30
1.000	4.48	3.66
1.020	4.56	4.25
1.040	4.65	4.00
1.060	4.72	4.25
1.080	4.82	5.67
1.090	4.88	8.67
1.095	4.93	8.00
1.100	4.96	7.00
1.105	5.00	11.00
1.110	5.07	15.00
1.115	5.15	14.00
1.120	5.21	13.00
1.125	5.28	13.00
1.130	5.34	16.00
1.135	5.44	18.00
1.140	5.52	13.00
1.145	5.57	15.00
1.150	5.67	18.00
1.155	5.75	17.00
1.160	5.84	16.00
1.165	5.91	21.00
1.170	6.05	21.00
1.175	6.12	18.00
1.180	6.23	29.00
1.185	6.41	33.00
1.190	6.56	30.00
1.195	6.71	34.00
1.200	6.90	26.00
1.205	6.97	17.00
1.210	7.07	20.00
1.215	7.17	26.00
1.220	7.33	34.00
1.225	7.51	35.00
1.230	7.68	22.00
1.235	7.73	23.00
1.240	7.91	33.00
1.245	8.06	34.00
1.250	8.25	33.00
1.255	8.39	31.00
1.260	8.56	35.00
1.265	8.74	36.00
1.270	8.92	26.00
1.275	9.00	17.00
1.280	9.09	17.00
1.285	9.17	14.00
1.290	9.23	16.00
1.295	9.33	12.00
1.300	9.35	6.00
1.310	9.45	8.00
1.320	9.51	6.50
1.340	9.66	6.75
1.360	9.78	5.00
1.380	9.86	4.25
1.400	9.95	4.00
1.420	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5134 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.18 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2108 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02928 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00037 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01245 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.905
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.1779
Total wt% H_2O_2	6.083

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

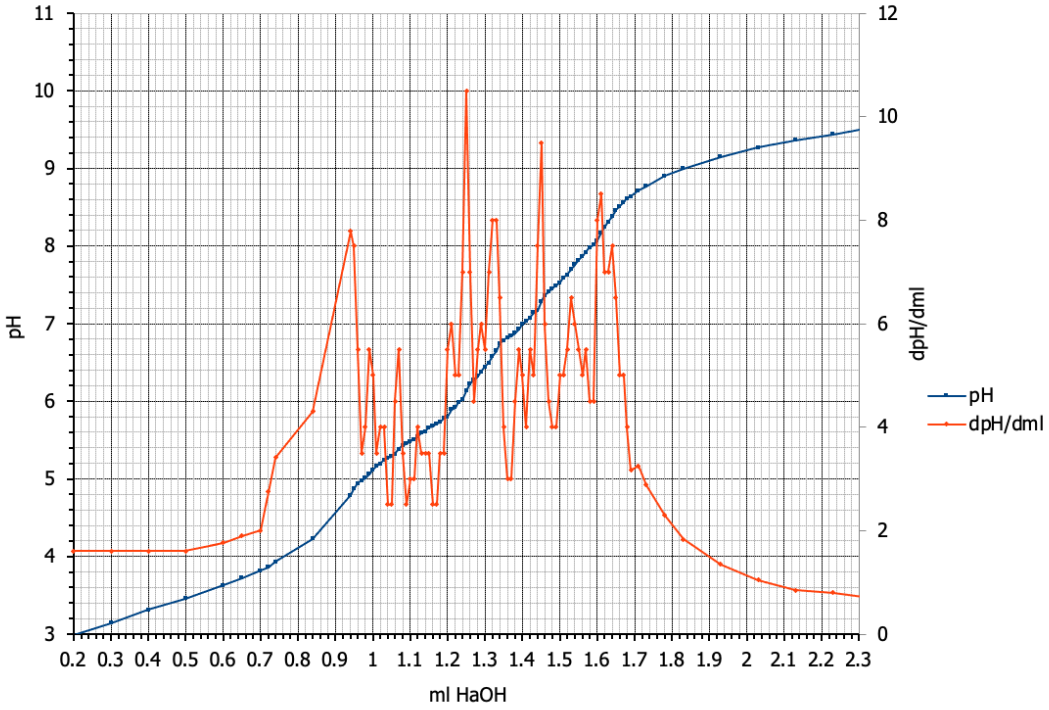
ตารางที่ ซ.18 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.78	
0.100	2.94	1.55
0.200	3.09	1.55
0.300	3.25	1.50
0.400	3.39	1.50
0.500	3.55	1.50
0.600	3.69	1.40
0.700	3.83	1.55
0.800	4.00	1.90
0.850	4.10	2.20
0.900	4.22	2.50
0.950	4.35	2.80
1.000	4.50	3.60
1.050	4.71	5.84
1.070	4.84	7.25
1.090	5.00	11.20
1.095	5.06	12.00
1.100	5.12	9.00
1.105	5.15	11.00
1.110	5.23	15.00
1.115	5.30	16.00
1.120	5.39	18.00
1.125	5.48	16.00
1.130	5.55	16.00
1.135	5.64	17.00
1.140	5.72	19.00
1.145	5.83	17.00
1.150	5.89	12.00
1.155	5.95	15.00
1.160	6.04	17.00
1.165	6.12	19.00
1.170	6.23	18.00
1.175	6.30	13.00
1.180	6.36	9.00
1.185	6.39	12.00
1.190	6.48	16.00
1.195	6.55	19.00
1.200	6.67	20.00
1.205	6.75	21.00
1.210	6.88	17.00
1.215	6.92	13.00
1.220	7.01	30.00
1.225	7.22	29.00
1.230	7.30	25.00
1.235	7.47	26.00
1.240	7.56	27.00
1.245	7.74	36.00
1.250	7.92	40.00
1.255	8.14	46.00
1.260	8.38	48.00
1.265	8.62	38.00
1.270	8.76	29.00
1.275	8.91	28.00
1.280	9.04	21.00
1.285	9.12	14.00
1.290	9.18	13.00
1.300	9.33	12.00
1.310	9.42	10.00
1.320	9.53	8.00
1.330	9.58	5.67
1.350	9.72	6.25
1.370	9.83	5.25
1.390	9.93	4.50
1.410	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1137 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.19 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2034 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00148 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05022 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.692
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.921
Total wt% H_2O_2	27.613

ตารางที่ ซ.19 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.67		1.090	5.45	2.50
0.100	2.82	1.60	1.100	5.48	3.00
0.200	2.99	1.60	1.110	5.51	3.00
0.300	3.14	1.60	1.120	5.54	4.00
0.400	3.31	1.60	1.130	5.59	3.50
0.500	3.46	1.60	1.140	5.61	3.50
0.600	3.63	1.77	1.150	5.66	3.50
0.650	3.72	1.90	1.160	5.68	2.50
0.700	3.82	2.00	1.170	5.71	2.50
0.720	3.86	2.75	1.180	5.73	3.50
0.740	3.93	3.42	1.190	5.78	3.50
0.840	4.23	4.30	1.200	5.80	5.50
0.940	4.79	7.78	1.210	5.89	6.00
0.950	4.87	7.50	1.220	5.92	5.00
0.960	4.94	5.50	1.230	5.99	5.00
0.970	4.98	3.50	1.240	6.02	7.00
0.980	5.01	4.00	1.250	6.13	10.50
0.990	5.06	5.50	1.260	6.23	7.00
1.000	5.12	5.00	1.270	6.27	4.50
1.010	5.16	3.50	1.280	6.32	5.50
1.020	5.19	4.00	1.290	6.38	6.00
1.030	5.24	4.00	1.300	6.44	5.50
1.040	5.27	2.50	1.310	6.49	7.00
1.050	5.29	2.50	1.320	6.58	8.00
1.060	5.32	4.50	1.330	6.65	8.00
1.070	5.38	5.50	1.340	6.74	6.50
1.080	5.43	3.50	1.350	6.78	4.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

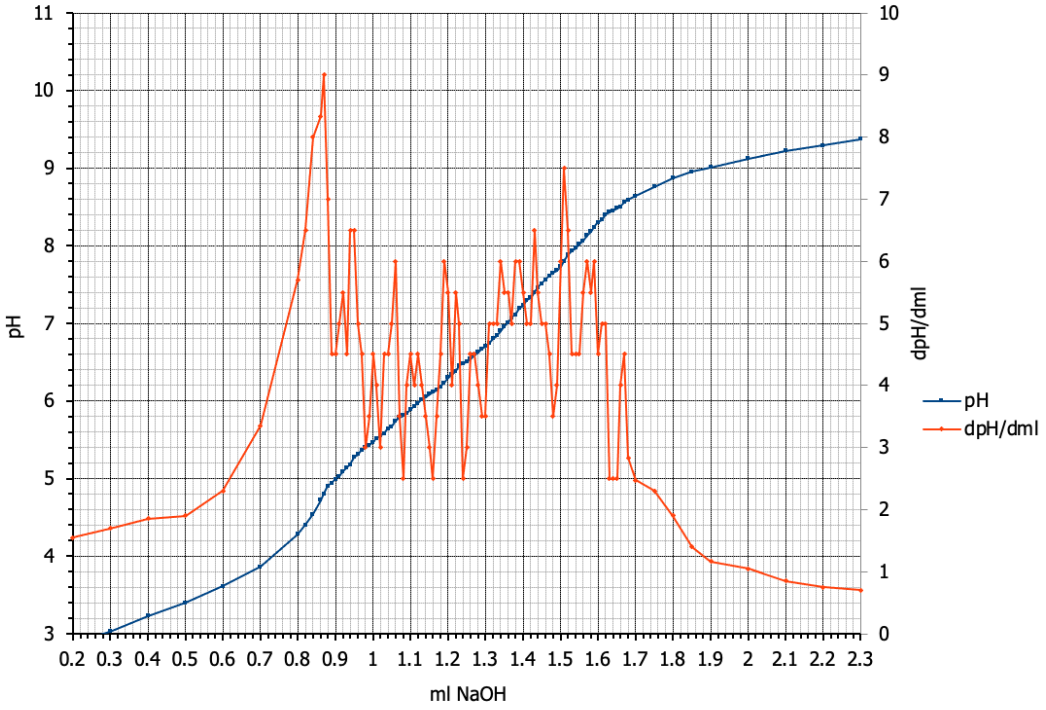
ml	pH	dpH/dml
1.360	6.82	3.00
1.370	6.84	3.00
1.380	6.88	4.50
1.390	6.93	5.50
1.400	6.99	5.00
1.410	7.03	4.00
1.420	7.07	5.50
1.430	7.14	5.00
1.440	7.17	7.50
1.450	7.29	9.50
1.460	7.36	6.00
1.470	7.41	4.50
1.480	7.45	4.00
1.490	7.49	4.00
1.500	7.53	5.00
1.510	7.59	5.00
1.520	7.63	5.50
1.530	7.70	6.50
1.540	7.76	6.00
1.550	7.82	5.50
1.560	7.87	5.00
1.570	7.92	5.50
1.580	7.98	4.50
1.590	8.01	4.50
1.600	8.07	8.00
1.610	8.17	8.50
1.620	8.24	7.00

ml	pH	dpH/dml
1.630	8.31	7.00
1.640	8.38	7.50
1.650	8.46	6.50
1.660	8.51	5.00
1.670	8.56	5.00
1.680	8.61	4.00
1.690	8.64	3.17
1.710	8.71	3.25
1.730	8.77	2.89
1.780	8.90	2.30
1.830	9.00	1.83
1.930	9.15	1.35
2.030	9.27	1.05
2.130	9.36	0.85
2.230	9.44	0.80
2.330	9.52	0.70
2.430	9.58	0.60
2.530	9.64	0.50
2.630	9.68	0.45
2.730	9.73	0.45
2.830	9.77	0.35
2.930	9.80	0.35
3.030	9.84	0.35
3.130	9.87	0.30
3.230	9.90	0.30
3.330	9.93	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1189 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.20 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2061 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00140 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04758 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.086
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	4.469
Total wt% H_2O_2	27.555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ.20 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.58		1.020	5.55	3.00
0.100	2.72	1.55	1.030	5.58	4.50
0.200	2.89	1.55	1.040	5.64	4.50
0.300	3.03	1.70	1.050	5.67	5.00
0.400	3.23	1.85	1.060	5.74	6.00
0.500	3.40	1.90	1.070	5.79	3.50
0.600	3.61	2.30	1.080	5.81	2.50
0.700	3.86	3.35	1.090	5.84	4.00
0.800	4.28	5.70	1.100	5.89	4.50
0.820	4.40	6.50	1.110	5.93	4.00
0.840	4.54	8.00	1.120	5.97	4.50
0.860	4.72	8.33	1.130	6.02	4.00
0.870	4.80	9.00	1.140	6.05	3.50
0.880	4.90	7.00	1.150	6.09	3.00
0.890	4.94	4.50	1.160	6.11	2.50
0.900	4.99	4.50	1.170	6.14	3.50
0.910	5.03	5.00	1.180	6.18	4.50
0.920	5.09	5.50	1.190	6.23	6.00
0.930	5.14	4.50	1.200	6.30	5.50
0.940	5.18	6.50	1.210	6.34	4.00
0.950	5.27	6.50	1.220	6.38	5.50
0.960	5.31	5.00	1.230	6.45	5.00
0.970	5.37	4.50	1.240	6.48	2.50
0.980	5.40	3.00	1.250	6.50	3.00
0.990	5.43	3.50	1.260	6.54	4.50
1.000	5.47	4.50	1.270	6.59	4.50
1.010	5.52	4.00	1.280	6.63	4.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

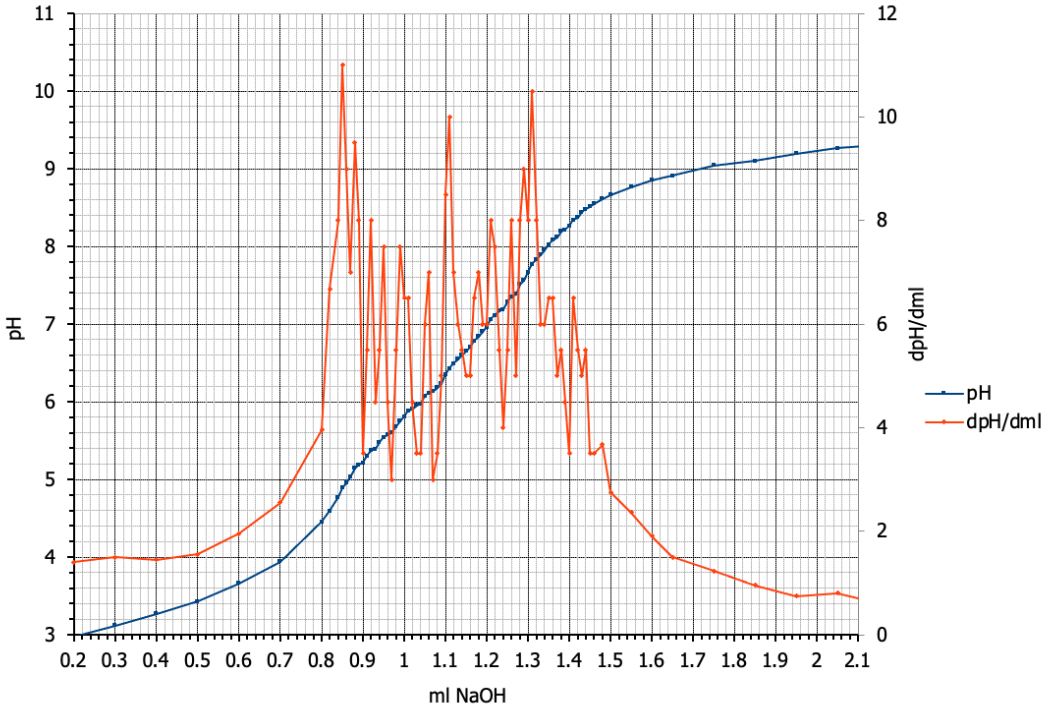
ml	pH	dpH/dml
1.290	6.67	3.50
1.300	6.70	3.50
1.310	6.74	5.00
1.320	6.80	5.00
1.330	6.84	5.00
1.340	6.90	6.00
1.350	6.96	5.50
1.360	7.01	5.50
1.370	7.07	5.00
1.380	7.11	6.00
1.390	7.19	6.00
1.400	7.23	5.50
1.410	7.30	5.00
1.420	7.33	5.00
1.430	7.40	6.50
1.440	7.46	5.50
1.450	7.51	5.00
1.460	7.56	5.00
1.470	7.61	4.50
1.480	7.65	3.50
1.490	7.68	4.00
1.500	7.73	6.00
1.510	7.80	7.50
1.520	7.88	6.50
1.530	7.93	4.50
1.540	7.97	4.50
1.550	8.02	4.50

ml	pH	dpH/dml
1.560	8.06	5.50
1.570	8.13	6.00
1.580	8.18	5.50
1.590	8.24	6.00
1.600	8.30	4.50
1.610	8.33	5.00
1.620	8.40	5.00
1.630	8.43	2.50
1.640	8.45	2.50
1.650	8.48	2.50
1.660	8.50	4.00
1.670	8.56	4.50
1.680	8.59	2.83
1.700	8.64	2.47
1.750	8.76	2.30
1.800	8.87	1.90
1.850	8.95	1.40
1.900	9.01	1.17
2.000	9.12	1.05
2.100	9.22	0.85
2.200	9.29	0.75
2.300	9.37	0.70
2.400	9.43	0.55
2.500	9.48	0.50
2.600	9.53	0.45
2.700	9.57	0.40
2.800	9.61	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1148 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.21 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	02038. g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00137 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04662 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.875
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	4.629
Total wt% H_2O_2	27.504

ตารางที่ ซ.21 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.70		1.010	5.88	4.50
0.100	2.82	1.40	1.020	5.90	3.50
0.200	2.98	1.50	1.030	5.95	3.50
0.300	3.12	1.45	1.040	5.97	6.00
0.400	3.27	1.55	1.050	6.07	7.00
0.500	3.43	1.95	1.060	6.11	3.00
0.600	3.66	2.55	1.070	6.13	3.50
0.700	3.94	3.95	1.080	6.18	5.00
0.800	4.45	6.68	1.090	6.23	8.50
0.820	4.59	8.00	1.100	6.35	10.00
0.840	4.77	11.00	1.110	6.43	7.00
0.850	4.89	9.00	1.120	6.49	6.00
0.860	4.95	7.00	1.130	6.55	5.50
0.870	5.03	9.50	1.140	6.60	5.00
0.880	5.14	8.00	1.150	6.65	5.00
0.890	5.19	3.50	1.160	6.70	6.50
0.900	5.21	5.50	1.170	6.78	7.00
0.910	5.30	8.00	1.180	6.84	6.00
0.920	5.37	4.50	1.190	6.90	6.00
0.930	5.39	5.50	1.200	6.96	8.00
0.940	5.48	7.50	1.210	7.06	7.50
0.950	5.54	4.50	1.220	7.11	5.50
0.960	5.57	3.00	1.230	7.17	4.00
0.970	5.60	5.50	1.240	7.19	5.50
0.980	5.68	7.50	1.250	7.28	8.00
0.990	5.75	6.50	1.260	7.35	5.00
1.000	5.81	6.50	1.270	7.38	8.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

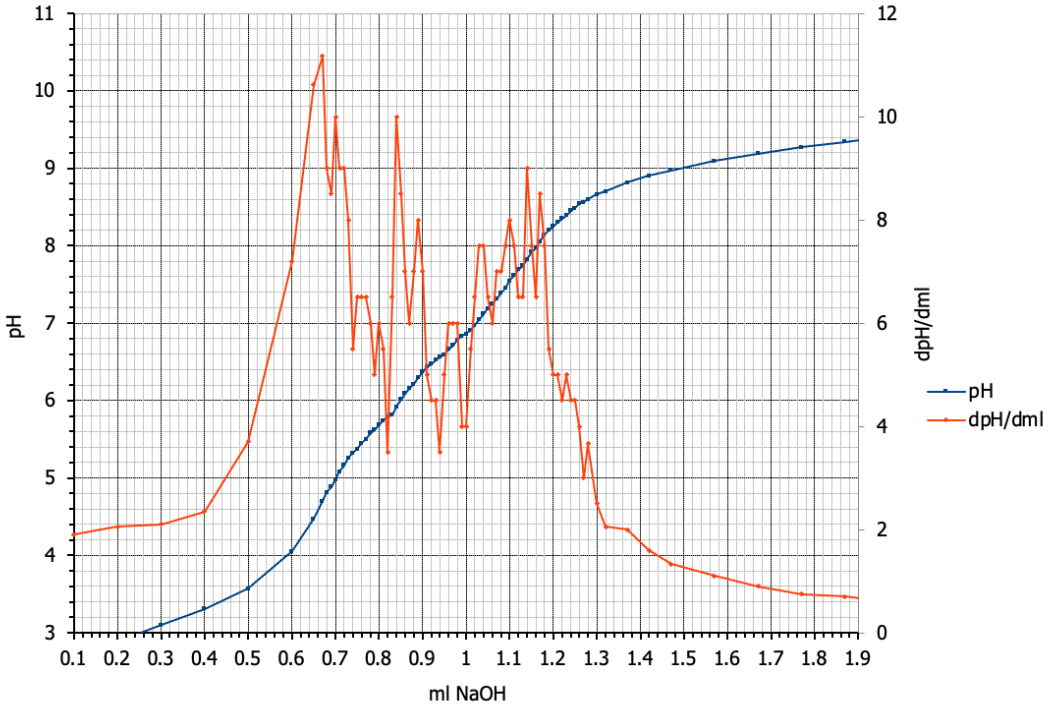
ml	pH	dpH/dml
1.280	7.51	9.00
1.290	7.56	8.00
1.300	7.67	10.50
1.310	7.77	8.00
1.320	7.83	6.00
1.330	7.89	6.00
1.340	7.95	6.50
1.350	8.02	6.50
1.360	8.08	5.00
1.370	8.12	5.50
1.380	8.19	4.50
1.390	8.21	3.50
1.400	8.26	6.50
1.410	8.34	5.50
1.420	8.37	5.00
1.430	8.44	5.50
1.440	8.48	3.50
1.450	8.51	3.50
1.460	8.55	3.67
1.480	8.61	2.75
1.500	8.66	2.36
1.550	8.76	1.90
1.600	8.85	1.50
1.650	8.91	1.23
1.750	9.04	0.95
1.850	9.10	0.75
1.950	9.19	0.80

ml	pH	dpH/dml
2.050	9.26	0.60
2.150	9.31	0.50
2.250	9.36	0.55
2.350	9.42	0.60
2.450	9.48	0.50
2.550	9.52	0.40
2.650	9.56	0.40
2.750	9.60	0.35
2.850	9.63	0.30
2.950	9.66	0.30
3.050	9.69	0.30
3.150	9.72	0.30
3.250	9.75	0.30
3.350	9.78	0.25
3.450	9.80	0.20
3.550	9.82	0.25
3.650	9.85	0.25
3.750	9.87	0.25
3.850	9.90	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1009 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.22 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2005 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00122 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04157 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.734
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	4.115
Total wt% H_2O_2	24.849

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

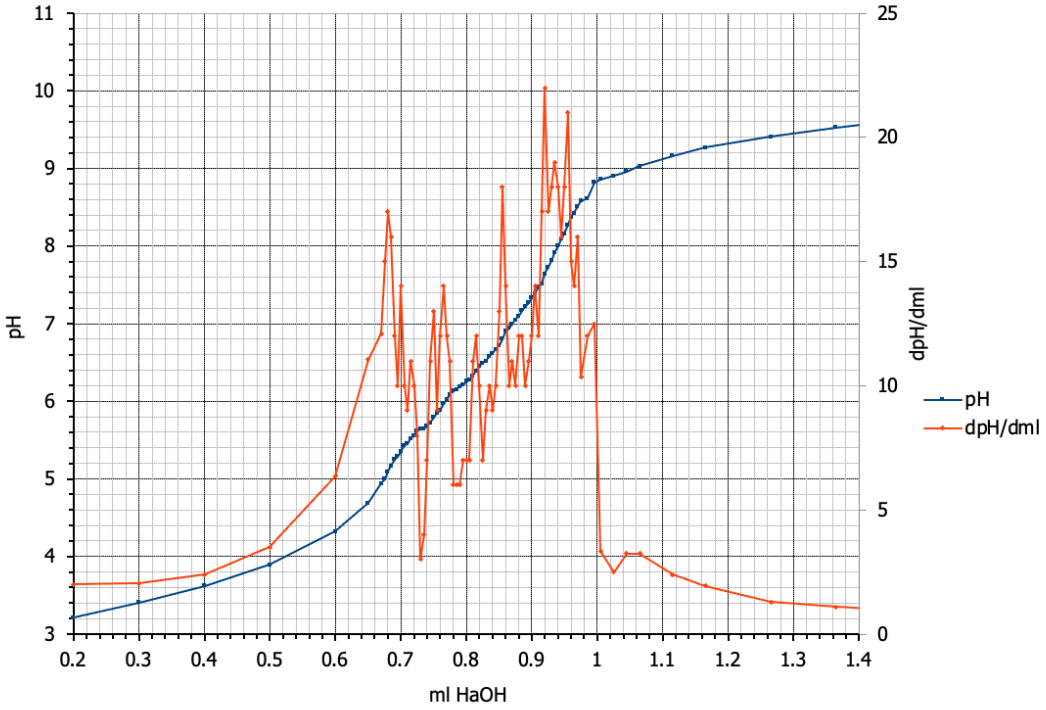
ตารางที่ ซ.22 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.51		0.860	6.09	7.00	1.130	7.74	6.50
0.100	2.69	1.90	0.870	6.15	6.00	1.140	7.82	9.00
0.200	2.89	2.05	0.880	6.21	7.00	1.150	7.92	7.50
0.300	3.10	2.10	0.890	6.29	8.00	1.160	7.97	6.50
0.400	3.31	2.35	0.900	6.37	7.00	1.170	8.05	8.50
0.500	3.57	3.70	0.910	6.43	5.00	1.180	8.14	7.50
0.600	4.05	7.20	0.920	6.47	4.50	1.190	8.20	5.50
0.650	4.47	10.61	0.930	6.52	4.50	1.200	8.25	5.00
0.670	4.70	11.17	0.940	6.56	3.50	1.210	8.30	5.00
0.680	4.81	9.00	0.950	6.59	5.00	1.220	8.35	4.50
0.690	4.88	8.50	0.960	6.66	6.00	1.230	8.39	5.00
0.700	4.98	10.00	0.970	6.71	6.00	1.240	8.45	4.50
0.710	5.08	9.00	0.980	6.78	6.00	1.250	8.48	4.50
0.720	5.16	9.00	0.990	6.83	4.00	1.260	8.54	4.00
0.730	5.26	8.00	1.000	6.86	4.00	1.270	8.56	3.00
0.740	5.32	5.50	1.010	6.91	5.50	1.280	8.60	3.67
0.750	5.37	6.50	1.020	6.97	6.50	1.300	8.66	2.50
0.760	5.45	6.50	1.030	7.04	7.50	1.320	8.70	2.06
0.770	5.50	6.50	1.040	7.12	7.50	1.370	8.81	2.00
0.780	5.58	6.00	1.050	7.19	6.50	1.420	8.90	1.60
0.790	5.62	5.00	1.060	7.25	6.00	1.470	8.97	1.33
0.800	5.68	6.00	1.070	7.31	7.00	1.570	9.09	1.10
0.810	5.74	5.50	1.080	7.39	7.00	1.670	9.19	0.90
0.820	5.79	3.50	1.090	7.45	7.50	1.770	9.27	0.75
0.830	5.81	6.50	1.100	7.54	8.00	1.870	9.34	0.70
0.840	5.92	10.00	1.110	7.61	7.50	1.970	9.41	0.60
0.850	6.01	8.50	1.120	7.69	6.50	2.070	9.46	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1096 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.23 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2214 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	15.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00111 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03773 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	17.040
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.348
Total wt% H_2O_2	19.389

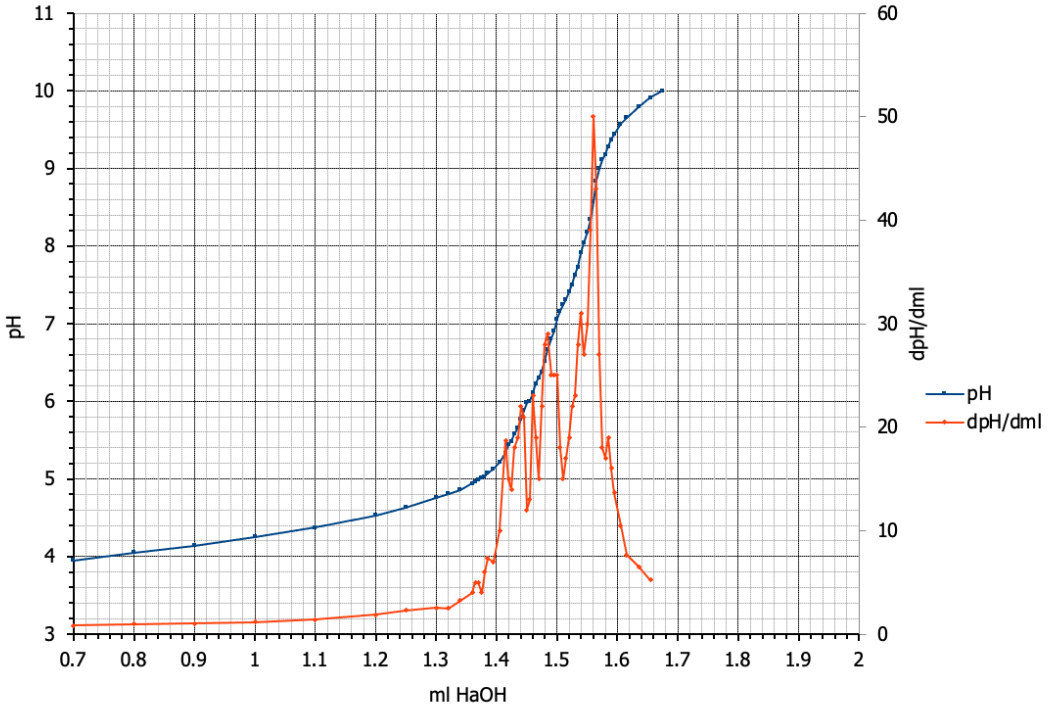
ตารางที่ ซ.23 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.84		0.765	5.97	14.00	0.900	7.33	12.00
0.100	3.01	1.85	0.770	6.02	12.00	0.905	7.39	14.00
0.200	3.21	2.00	0.775	6.09	11.00	0.910	7.47	12.00
0.300	3.41	2.05	0.780	6.13	6.00	0.915	7.51	17.00
0.400	3.62	2.40	0.785	6.15	6.00	0.920	7.64	22.00
0.500	3.89	3.50	0.790	6.19	6.00	0.925	7.73	17.00
0.600	4.32	6.37	0.795	6.21	7.00	0.930	7.81	18.00
0.650	4.69	11.04	0.800	6.26	7.00	0.935	7.91	19.00
0.670	4.94	12.10	0.805	6.28	7.00	0.940	8.00	18.00
0.675	5.00	15.00	0.810	6.33	11.00	0.945	8.09	16.00
0.680	5.09	17.00	0.815	6.39	12.00	0.950	8.16	18.00
0.685	5.17	16.00	0.820	6.45	10.00	0.955	8.27	21.00
0.690	5.25	12.00	0.825	6.49	7.00	0.960	8.37	15.00
0.695	5.29	10.00	0.830	6.52	9.00	0.965	8.42	14.00
0.700	5.35	14.00	0.835	6.58	10.00	0.970	8.51	16.00
0.705	5.43	10.00	0.840	6.62	9.00	0.975	8.58	10.33
0.710	5.45	9.00	0.845	6.67	10.00	0.985	8.61	12.00
0.715	5.52	11.00	0.850	6.72	13.00	0.995	8.82	12.50
0.720	5.56	10.00	0.855	6.80	18.00	1.005	8.86	3.33
0.725	5.62	8.00	0.860	6.90	14.00	1.025	8.90	2.50
0.730	5.64	3.00	0.865	6.94	10.00	1.045	8.96	3.25
0.735	5.65	4.00	0.870	7.00	11.00	1.065	9.03	3.24
0.740	5.68	7.00	0.875	7.05	10.00	1.115	9.16	2.40
0.745	5.72	11.00	0.880	7.10	12.00	1.165	9.27	1.93
0.750	5.79	13.00	0.885	7.17	12.00	1.265	9.41	1.30
0.755	5.85	9.00	0.890	7.22	10.00	1.365	9.53	1.10
0.760	5.88	12.00	0.895	7.27	11.00	1.465	9.63	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2279 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.24 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2193 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00088 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03000 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	13.681
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.690
Total wt% H_2O_2	14.371

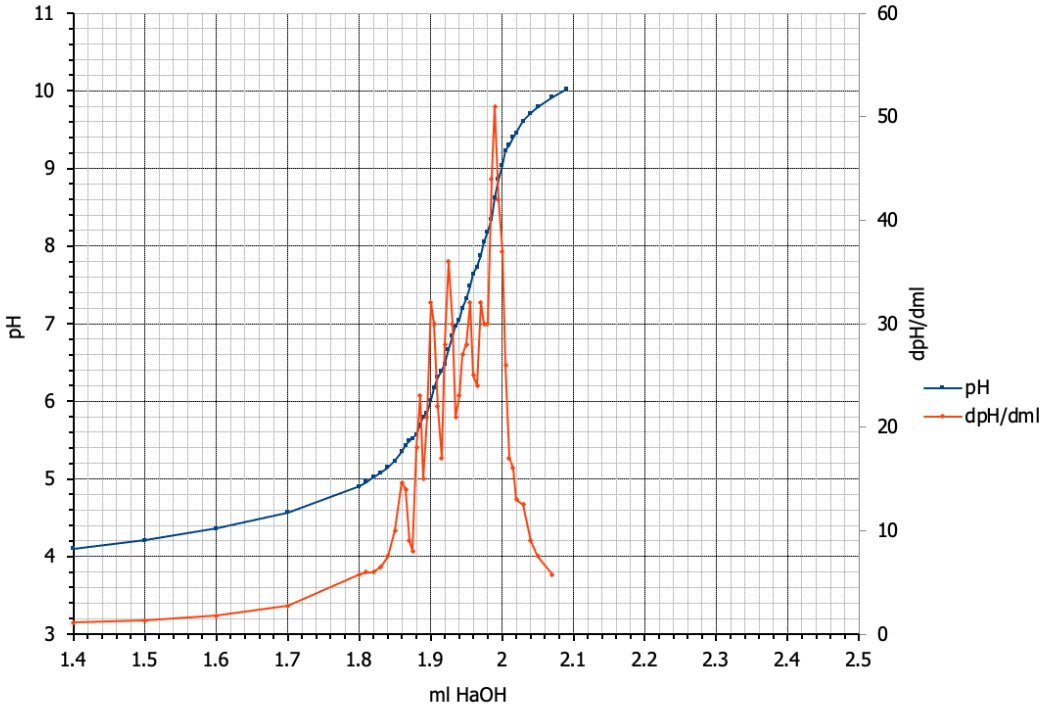
ตารางที่ ซ.24 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.40	
0.100	3.46	0.70
0.200	3.54	0.80
0.300	3.62	0.85
0.400	3.71	0.85
0.500	3.79	0.85
0.600	3.88	0.80
0.700	3.95	0.85
0.800	4.05	0.95
0.900	4.14	1.00
1.000	4.25	1.15
1.100	4.37	1.40
1.200	4.53	1.87
1.250	4.63	2.30
1.300	4.76	2.53
1.320	4.81	2.50
1.340	4.86	3.25
1.360	4.94	4.00
1.365	4.96	5.00
1.370	4.99	5.00
1.375	5.01	4.00
1.380	5.03	6.00
1.385	5.07	7.33
1.395	5.13	7.00
1.405	5.21	10.00
1.415	5.33	18.67
1.420	5.44	15.00
1.425	5.48	14.00
1.430	5.58	18.00
1.435	5.66	19.00
1.440	5.77	22.00
1.445	5.88	21.00
1.450	5.98	12.00
1.455	6.00	13.00
1.460	6.11	23.00
1.465	6.23	19.00
1.470	6.30	15.00
1.475	6.38	22.00
1.480	6.52	28.00
1.485	6.66	29.00
1.490	6.81	25.00
1.495	6.91	25.00
1.500	7.06	25.00
1.505	7.16	18.00
1.510	7.24	15.00
1.515	7.31	17.00
1.520	7.41	19.00
1.525	7.50	22.00
1.530	7.63	23.00
1.535	7.73	28.00
1.540	7.91	31.00
1.545	8.04	27.00
1.550	8.18	30.00
1.555	8.34	39.00
1.560	8.57	50.00
1.565	8.84	43.00
1.570	9.00	27.00
1.575	9.11	18.00
1.580	9.18	17.00
1.585	9.28	19.00
1.590	9.37	16.00
1.595	9.44	13.67
1.605	9.57	10.50
1.615	9.65	7.67
1.635	9.79	6.50
1.655	9.91	5.25
1.675	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3134 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.25 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2362 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	11.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00081 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.02752 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	11.652
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.451
Total wt% H_2O_2	12.104

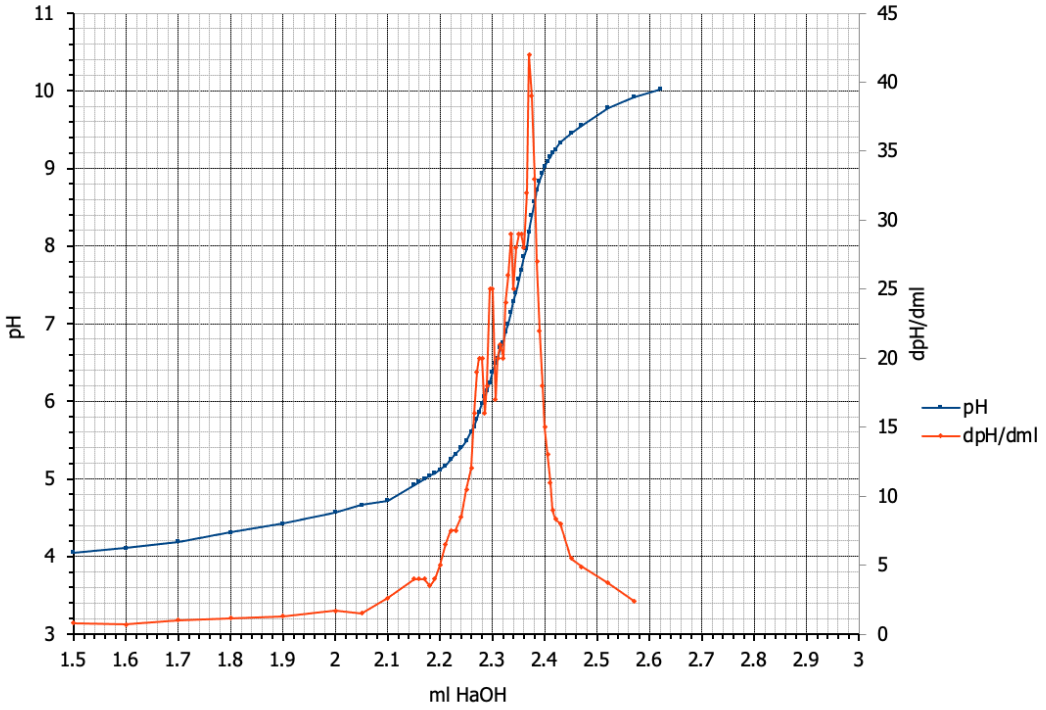
ตารางที่ ซ.25 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.89	
0.100	2.96	0.75
0.200	3.04	0.80
0.300	3.12	0.85
0.400	3.21	0.90
0.500	3.30	0.85
0.600	3.38	0.85
0.700	3.47	0.85
0.800	3.55	0.80
0.900	3.63	0.80
1.000	3.71	0.90
1.100	3.81	0.90
1.200	3.89	0.90
1.300	3.99	1.05
1.400	4.10	1.10
1.500	4.21	1.30
1.600	4.36	1.80
1.700	4.57	2.70
1.800	4.90	5.75
1.810	4.96	6.00
1.820	5.02	6.00
1.830	5.08	6.50
1.840	5.15	7.50
1.850	5.23	10.00
1.860	5.35	14.67
1.865	5.43	14.00
1.870	5.49	9.00
1.875	5.52	8.00
1.880	5.57	18.00
1.885	5.70	23.00
1.890	5.80	15.00
1.895	5.85	21.00
1.900	6.01	32.00
1.905	6.17	30.00
1.910	6.31	22.00
1.915	6.39	17.00
1.920	6.48	28.00
1.925	6.67	36.00
1.930	6.84	30.00
1.935	6.97	21.00
1.940	7.05	23.00
1.945	7.20	27.00
1.950	7.32	28.00
1.955	7.48	32.00
1.960	7.64	25.00
1.965	7.73	24.00
1.970	7.88	32.00
1.975	8.05	30.00
1.980	8.18	30.00
1.985	8.35	44.00
1.990	8.62	51.00
1.995	8.86	42.00
2.000	9.04	37.00
2.005	9.23	26.00
2.010	9.30	17.00
2.015	9.40	16.00
2.020	9.46	13.00
2.030	9.61	12.50
2.040	9.71	9.00
2.050	9.79	7.50
2.070	9.92	5.75
2.090	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (1:4) 1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5146 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.26 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2149 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00050 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01686 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	7.846
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.221
Total wt% H_2O_2	8.068

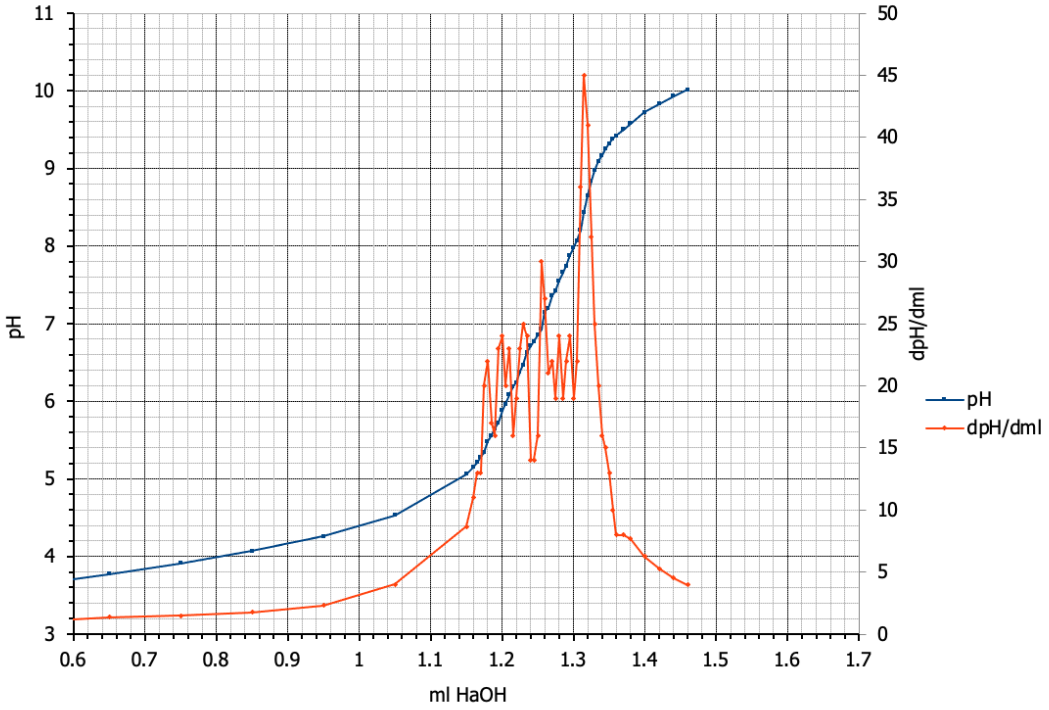
ตารางที่ ซ.26 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.95	
0.100	3.01	0.70
0.200	3.09	0.75
0.300	3.16	0.85
0.400	3.26	0.85
0.500	3.33	0.70
0.600	3.40	0.75
0.700	3.48	0.75
0.800	3.55	0.65
0.900	3.61	0.70
1.000	3.69	0.70
1.100	3.75	0.60
1.200	3.81	0.65
1.300	3.88	0.70
1.400	3.95	0.85
1.500	4.05	0.80
1.600	4.11	0.70
1.700	4.19	1.00
1.800	4.31	1.15
1.900	4.42	1.30
2.000	4.57	1.70
2.050	4.66	1.50
2.100	4.72	2.60
2.150	4.92	4.00
2.160	4.96	4.00
2.170	5.00	4.00
2.180	5.04	3.50
2.190	5.07	4.00
2.200	5.12	5.00
2.210	5.17	6.50
2.220	5.25	7.50
2.230	5.32	7.50
2.240	5.40	8.50
2.250	5.49	10.50
2.260	5.61	12.00
2.265	5.67	16.00
2.270	5.77	19.00
2.275	5.86	20.00
2.280	5.97	20.00
2.285	6.06	16.00
2.290	6.13	18.00
2.295	6.24	25.00
2.300	6.38	25.00
2.305	6.49	17.00
2.310	6.55	20.00
2.315	6.69	21.00
2.320	6.76	20.00
2.325	6.89	24.00
2.330	7.00	26.00
2.335	7.15	29.00
2.340	7.29	25.00
2.345	7.40	28.00
2.350	7.57	29.00
2.355	7.69	29.00
2.360	7.86	28.00
2.365	7.97	32.00
2.370	8.18	42.00
2.375	8.39	39.00
2.380	8.57	33.00
2.385	8.72	27.00
2.390	8.84	22.00
2.395	8.94	18.00
2.400	9.02	15.00
2.405	9.09	13.00
2.410	9.15	11.00
2.415	9.20	9.00
2.420	9.24	8.33
2.430	9.33	8.00
2.450	9.45	5.50
2.470	9.55	4.89
2.520	9.78	3.70
2.570	9.92	2.40
2.620	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1192 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.27 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2350 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	25.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00182 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06193 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	26.354
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.156
Total wt% H_2O_2	27.510

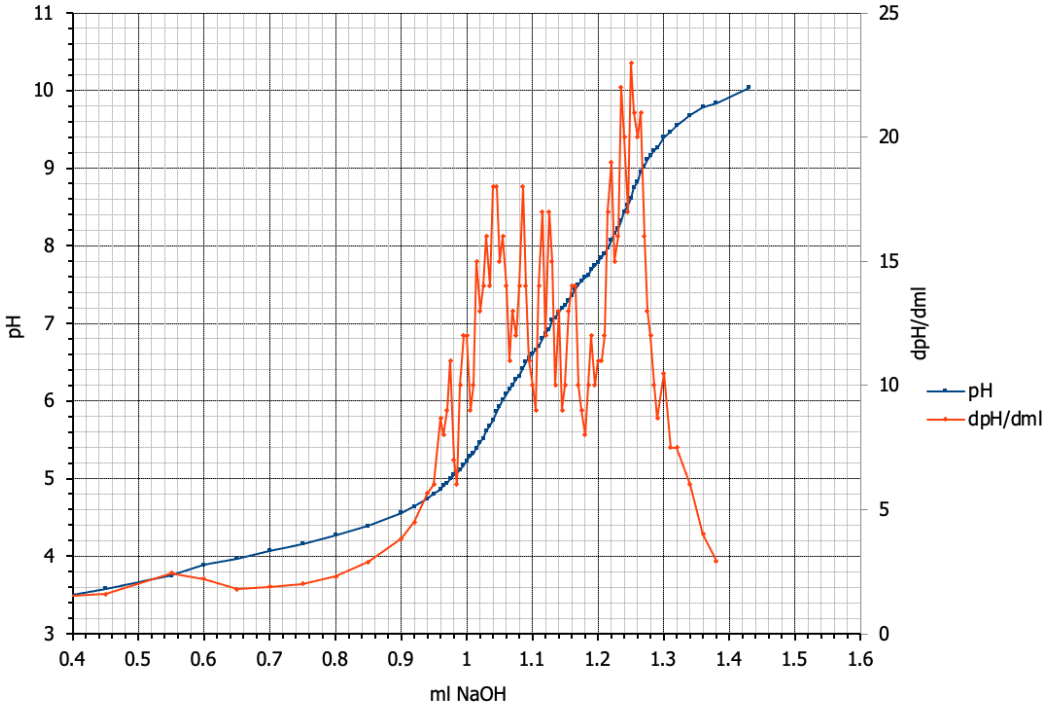
ตารางที่ ซ.27 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.90	
0.050	2.97	1.40
0.150	3.11	1.40
0.250	3.25	1.40
0.350	3.39	1.60
0.450	3.57	1.25
0.550	3.64	1.00
0.650	3.77	1.35
0.750	3.91	1.50
0.850	4.07	1.75
0.950	4.26	2.30
1.050	4.53	4.00
1.150	5.06	8.66
1.160	5.15	11.00
1.165	5.21	13.00
1.170	5.28	13.00
1.175	5.34	20.00
1.180	5.48	22.00
1.185	5.56	17.00
1.190	5.65	16.00
1.195	5.72	23.00
1.200	5.88	24.00
1.205	5.96	20.00
1.210	6.08	23.00
1.215	6.19	16.00
1.220	6.24	19.00
1.225	6.38	23.00
1.230	6.47	25.00
1.235	6.63	24.00
1.240	6.71	14.00
1.245	6.77	14.00
1.250	6.85	16.00
1.255	6.93	30.00
1.260	7.15	27.00
1.265	7.20	21.00
1.270	7.36	22.00
1.275	7.42	19.00
1.280	7.55	24.00
1.285	7.66	19.00
1.290	7.74	22.00
1.295	7.88	24.00
1.300	7.98	19.00
1.305	8.07	22.00
1.310	8.20	36.00
1.315	8.43	45.00
1.320	8.65	41.00
1.325	8.84	32.00
1.330	8.97	25.00
1.335	9.09	20.00
1.340	9.17	16.00
1.345	9.25	15.00
1.350	9.32	13.00
1.355	9.38	10.00
1.360	9.42	8.00
1.370	9.50	8.00
1.380	9.58	7.67
1.400	9.72	6.25
1.420	9.83	5.25
1.440	9.93	4.50
1.460	10.01	3.96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1179 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.28 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2061 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00152 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05169 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.080
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.324
Total wt% H_2O_2	27.404

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

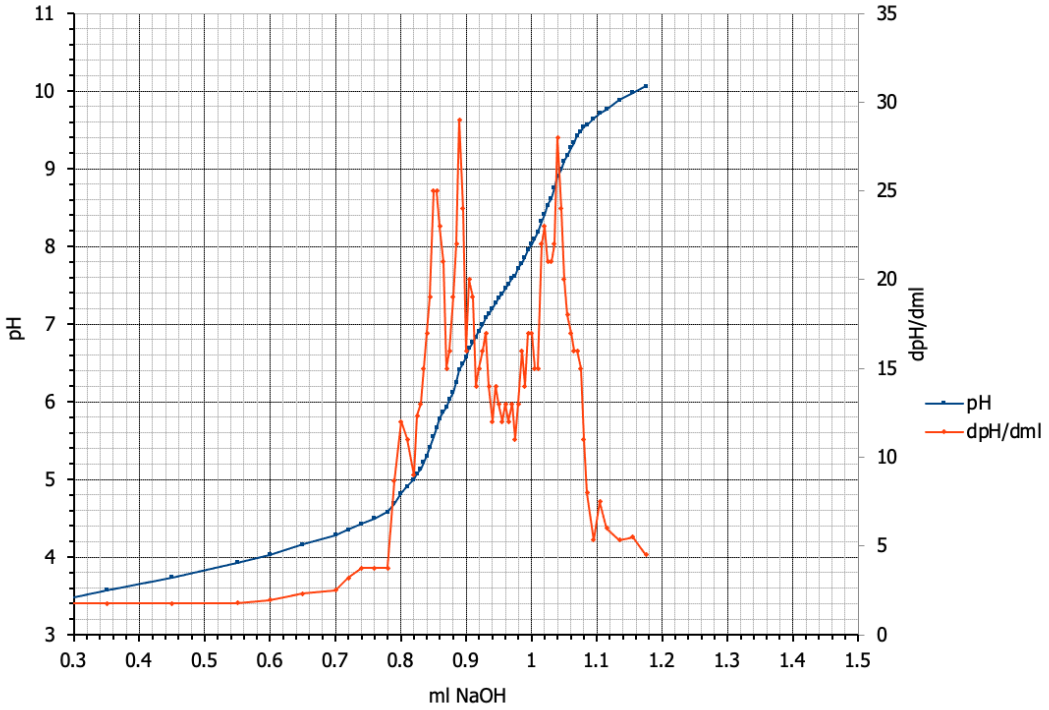
ตารางที่ ซ.28 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.91		1.010	5.32	10.00	1.145	7.20	9.00
0.050	2.99	1.57	1.015	5.39	15.00	1.150	7.23	10.00
0.150	3.14	1.50	1.020	5.47	13.00	1.155	7.30	13.00
0.250	3.29	1.45	1.025	5.52	14.00	1.160	7.36	14.00
0.350	3.43	1.45	1.030	5.61	16.00	1.165	7.44	14.00
0.450	3.58	1.60	1.035	5.68	14.00	1.170	7.50	10.00
0.550	3.75	2.43	1.040	5.75	18.00	1.175	7.54	9.00
0.600	3.89	2.20	1.045	5.86	18.00	1.180	7.59	8.00
0.650	3.97	1.80	1.050	5.93	15.00	1.185	7.62	10.00
0.700	4.07	1.90	1.055	6.01	16.00	1.190	7.69	12.00
0.750	4.16	2.00	1.060	6.09	14.00	1.195	7.74	10.00
0.800	4.27	2.30	1.065	6.15	11.00	1.200	7.79	11.00
0.850	4.39	2.90	1.070	6.20	13.00	1.205	7.85	11.00
0.900	4.56	3.83	1.075	6.28	12.00	1.210	7.90	12.00
0.920	4.64	4.50	1.080	6.32	14.00	1.215	7.97	17.00
0.940	4.74	5.67	1.085	6.42	18.00	1.220	8.07	19.00
0.950	4.80	6.00	1.090	6.50	14.00	1.225	8.16	15.00
0.960	4.86	8.67	1.095	6.56	11.00	1.230	8.22	16.00
0.965	4.91	8.00	1.100	6.61	10.00	1.235	8.32	22.00
0.970	4.94	9.00	1.105	6.66	9.00	1.240	8.44	20.00
0.975	5.00	11.00	1.110	6.70	14.00	1.245	8.52	17.00
0.980	5.05	7.00	1.115	6.80	17.00	1.250	8.61	23.00
0.985	5.07	6.00	1.120	6.87	12.00	1.255	8.75	21.00
0.990	5.11	10.00	1.125	6.92	17.00	1.260	8.82	20.00
0.995	5.17	12.00	1.130	7.04	15.00	1.265	8.95	21.00
1.000	5.23	12.00	1.135	7.07	10.00	1.270	9.03	16.00
1.005	5.29	9.00	1.140	7.14	13.00	1.275	9.11	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0990 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.29 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1845 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	18.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00134 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04559 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.713
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.516
Total wt% H_2O_2	27.229

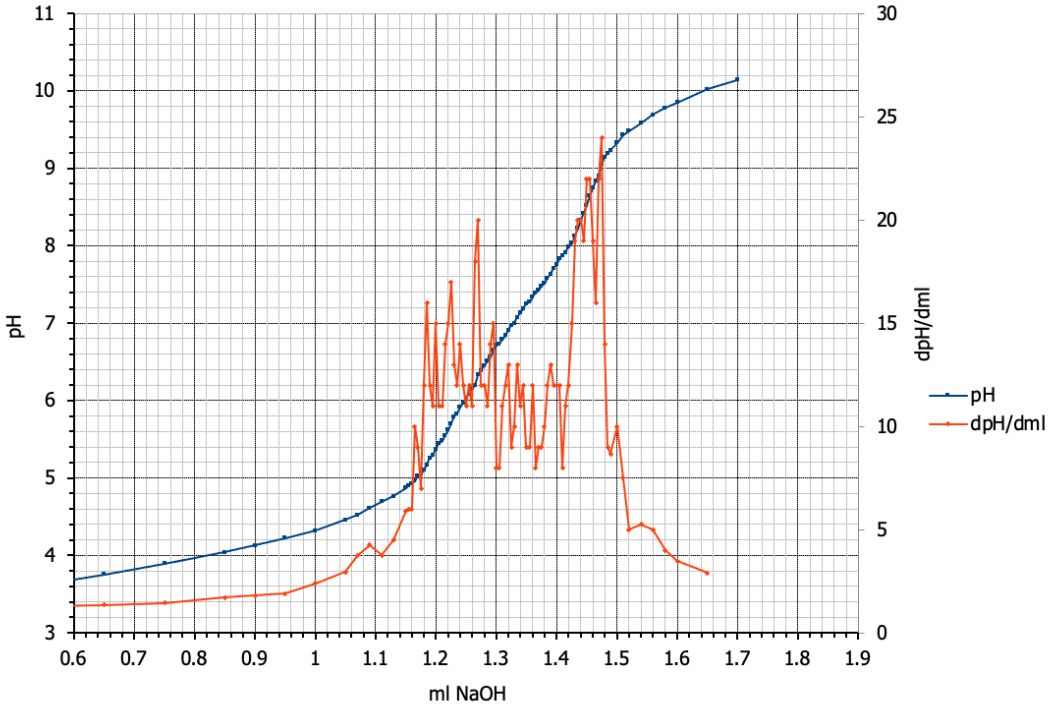
ตารางที่ ซ.29 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.95	
0.050	3.04	1.80
0.150	3.22	1.75
0.250	3.39	1.75
0.350	3.57	1.75
0.450	3.74	1.80
0.550	3.93	1.97
0.600	4.03	2.30
0.650	4.16	2.50
0.700	4.28	3.19
0.720	4.35	3.75
0.740	4.43	3.75
0.760	4.50	3.75
0.780	4.58	8.67
0.790	4.69	12.00
0.800	4.82	11.00
0.810	4.91	9.00
0.820	5.00	12.33
0.825	5.07	13.00
0.830	5.13	15.00
0.835	5.22	17.00
0.840	5.30	19.00
0.845	5.41	25.00
0.850	5.55	25.00
0.855	5.66	23.00
0.860	5.78	21.00
0.865	5.87	15.00
0.870	5.93	16.00
0.875	6.03	19.00
0.880	6.12	22.00
0.885	6.25	29.00
0.890	6.41	24.00
0.895	6.49	16.00
0.900	6.57	20.00
0.905	6.69	19.00
0.910	6.76	14.00
0.915	6.83	15.00
0.920	6.91	16.00
0.925	6.99	17.00
0.930	7.08	14.00
0.935	7.13	12.00
0.940	7.20	14.00
0.945	7.27	13.00
0.950	7.33	12.00
0.955	7.39	13.00
0.960	7.46	12.00
0.965	7.51	13.00
0.970	7.59	11.00
0.975	7.62	13.00
0.980	7.72	16.00
0.985	7.78	14.00
0.990	7.86	17.00
0.995	7.95	17.00
1.000	8.03	15.00
1.005	8.10	15.00
1.010	8.18	22.00
1.015	8.32	23.00
1.020	8.41	21.00
1.025	8.53	21.00
1.030	8.62	22.00
1.035	8.75	28.00
1.040	8.90	24.00
1.045	8.99	20.00
1.050	9.10	18.00
1.055	9.17	17.00
1.060	9.27	16.00
1.065	9.33	16.00
1.070	9.43	15.00
1.075	9.48	11.00
1.080	9.54	8.00
1.085	9.56	5.33
1.095	9.64	7.50
1.105	9.71	6.00
1.115	9.76	5.33
1.135	9.88	5.50
1.155	9.98	4.50
1.175	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1399 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.30 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1682 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00120 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04096 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.353
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.166
Total wt% H_2O_2	26.519

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ.30 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.88		1.195	5.29	11.00
0.050	2.95	1.40	1.200	5.37	15.00
0.150	3.09	1.40	1.205	5.44	11.00
0.250	3.23	1.35	1.210	5.48	11.00
0.350	3.36	1.30	1.215	5.55	14.00
0.450	3.49	1.30	1.220	5.62	15.00
0.550	3.62	1.30	1.225	5.70	17.00
0.650	3.75	1.35	1.230	5.79	13.00
0.750	3.89	1.45	1.235	5.83	12.00
0.850	4.04	1.70	1.240	5.91	14.00
0.900	4.13	1.80	1.245	5.97	12.00
0.950	4.22	1.90	1.250	6.03	11.00
1.000	4.32	2.40	1.255	6.08	12.00
1.050	4.46	2.94	1.260	6.15	11.00
1.070	4.52	3.75	1.265	6.19	18.00
1.090	4.61	4.25	1.270	6.33	20.00
1.110	4.69	3.75	1.275	6.39	12.00
1.130	4.76	4.50	1.280	6.45	12.00
1.150	4.87	5.90	1.285	6.51	11.00
1.155	4.90	6.00	1.290	6.56	14.00
1.160	4.93	6.00	1.295	6.65	15.00
1.165	4.96	10.00	1.300	6.71	8.00
1.170	5.03	9.00	1.305	6.73	8.00
1.175	5.05	7.00	1.310	6.79	11.00
1.180	5.10	12.00	1.315	6.84	12.00
1.185	5.17	16.00	1.320	6.91	13.00
1.190	5.26	12.00	1.325	6.97	9.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

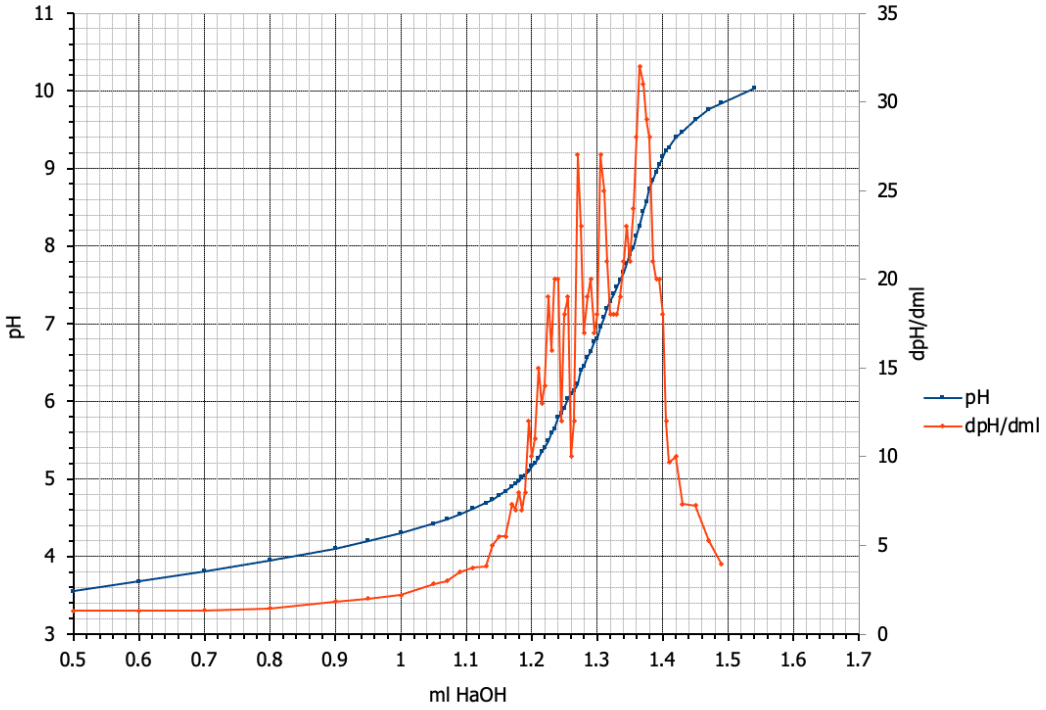
ml	pH	dpH/dml
1.330	7.00	10.00
1.335	7.07	13.00
1.340	7.13	11.00
1.345	7.18	12.00
1.350	7.25	9.00
1.355	7.27	9.00
1.360	7.34	12.00
1.365	7.39	8.00
1.370	7.42	9.00
1.375	7.48	9.00
1.380	7.51	10.00
1.385	7.58	12.00
1.390	7.63	13.00
1.395	7.71	12.00
1.400	7.75	12.00
1.405	7.83	12.00
1.410	7.87	8.00
1.415	7.91	11.00
1.420	7.98	12.00
1.425	8.03	15.00
1.430	8.13	19.00
1.435	8.22	20.00
1.440	8.33	20.00
1.445	8.42	19.00
1.450	8.52	22.00
1.455	8.64	22.00
1.460	8.74	19.00

ml	pH	dpH/dml
1.465	8.83	16.00
1.470	8.90	22.00
1.475	9.05	24.00
1.480	9.14	14.00
1.485	9.19	9.00
1.490	9.23	8.67
1.500	9.33	10.00
1.510	9.43	7.50
1.520	9.48	5.00
1.540	9.58	5.25
1.560	9.69	5.00
1.580	9.78	4.00
1.600	9.85	3.47
1.650	10.02	2.90
1.700	10.14	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2154 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.31 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2172 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	12.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00091 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.03097 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	14.257
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.732
Total wt% H_2O_2	14.989

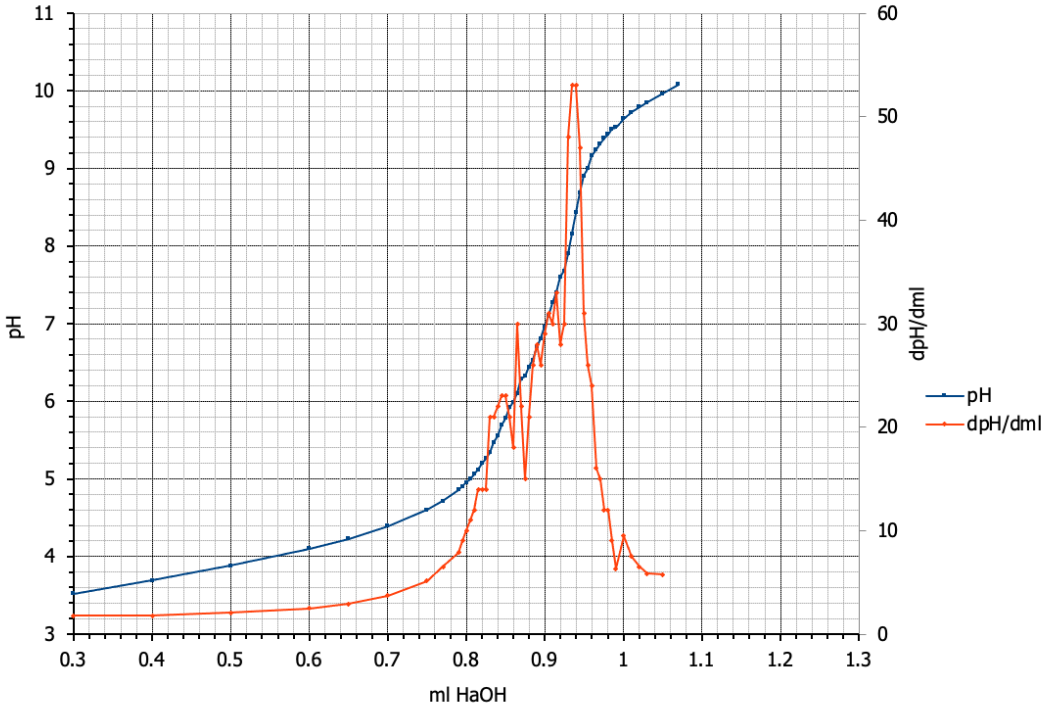
ตารางที่ ซ.31 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.87	
0.100	3.02	1.45
0.200	3.16	1.40
0.300	3.30	1.30
0.400	3.42	1.25
0.500	3.55	1.30
0.600	3.68	1.30
0.700	3.81	1.35
0.800	3.95	1.45
0.900	4.10	1.83
0.950	4.20	2.00
1.000	4.30	2.20
1.050	4.42	2.83
1.070	4.48	3.00
1.090	4.54	3.50
1.110	4.62	3.75
1.130	4.69	3.83
1.140	4.73	5.00
1.150	4.79	5.50
1.160	4.84	5.50
1.170	4.90	7.33
1.175	4.94	7.00
1.180	4.97	8.00
1.185	5.02	7.00
1.190	5.04	8.00
1.195	5.10	12.00
1.200	5.16	10.00
1.205	5.20	11.00
1.210	5.27	15.00
1.215	5.35	13.00
1.220	5.40	14.00
1.225	5.49	19.00
1.230	5.59	16.00
1.235	5.65	20.00
1.240	5.79	20.00
1.245	5.85	12.00
1.250	5.91	18.00
1.255	6.03	19.00
1.260	6.10	10.00
1.265	6.13	12.00
1.270	6.22	27.00
1.275	6.40	23.00
1.280	6.45	17.00
1.285	6.57	19.00
1.290	6.64	20.00
1.295	6.77	17.00
1.300	6.81	18.00
1.305	6.95	27.00
1.310	7.08	25.00
1.315	7.20	21.00
1.320	7.29	18.00
1.325	7.38	18.00
1.330	7.47	18.00
1.335	7.56	19.00
1.340	7.66	21.00
1.345	7.77	23.00
1.350	7.89	21.00
1.355	7.98	24.00
1.360	8.13	28.00
1.365	8.26	32.00
1.370	8.45	31.00
1.375	8.57	29.00
1.380	8.74	28.00
1.385	8.85	21.00
1.390	8.95	20.00
1.395	9.05	20.00
1.400	9.15	18.00
1.405	9.23	12.00
1.410	9.27	9.67
1.420	9.40	10.00
1.430	9.47	7.33
1.450	9.63	7.25
1.470	9.76	5.25
1.490	9.84	3.94
1.540	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2086 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.32 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2266 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	8.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00062 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.02097 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	9.254
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.577
Total wt% H_2O_2	9.831

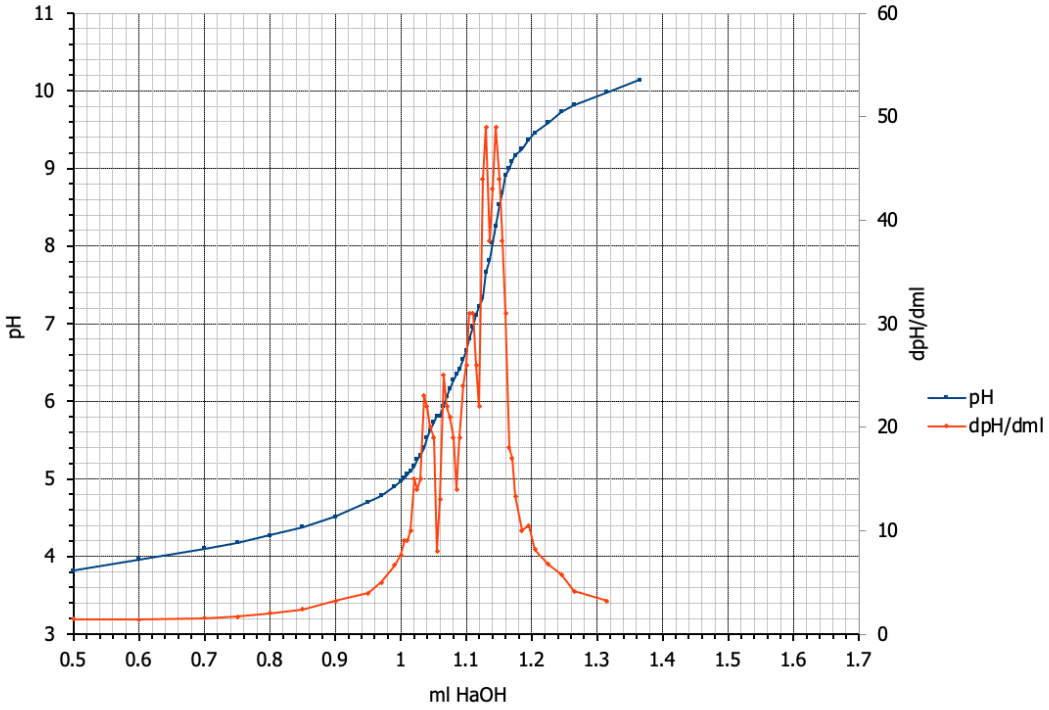
ตารางที่ ซ.32 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.77	
0.100	3.15	2.80
0.200	3.33	1.85
0.300	3.52	1.80
0.400	3.69	1.80
0.500	3.88	2.05
0.600	4.10	2.47
0.650	4.23	2.90
0.700	4.39	3.70
0.750	4.60	5.13
0.770	4.71	6.50
0.790	4.86	7.90
0.795	4.90	9.00
0.800	4.95	10.00
0.805	5.00	11.00
0.810	5.06	12.00
0.815	5.12	14.00
0.820	5.20	14.00
0.825	5.26	14.00
0.830	5.34	21.00
0.835	5.47	21.00
0.840	5.55	22.00
0.845	5.69	23.00
0.850	5.78	23.00
0.855	5.92	21.00
0.860	5.99	18.00
0.865	6.10	30.00
0.870	6.29	22.00
0.875	6.32	15.00
0.880	6.44	21.00
0.885	6.53	26.00
0.890	6.70	28.00
0.895	6.81	26.00
0.900	6.96	29.00
0.905	7.10	31.00
0.910	7.27	30.00
0.915	7.40	33.00
0.920	7.60	28.00
0.925	7.68	30.00
0.930	7.90	48.00
0.935	8.16	53.00
0.940	8.43	53.00
0.945	8.69	47.00
0.950	8.90	31.00
0.955	9.00	26.00
0.960	9.16	24.00
0.965	9.24	16.00
0.970	9.32	15.00
0.975	9.39	12.00
0.980	9.44	12.00
0.985	9.51	9.00
0.990	9.53	6.33
1.000	9.64	9.50
1.010	9.72	7.50
1.020	9.79	6.50
1.030	9.85	5.83
1.050	9.96	5.75
1.070	10.08	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 4

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3022 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.33 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 4

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2087 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02867 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00051 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01731 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	8.295
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.440
Total wt% H_2O_2	8.734

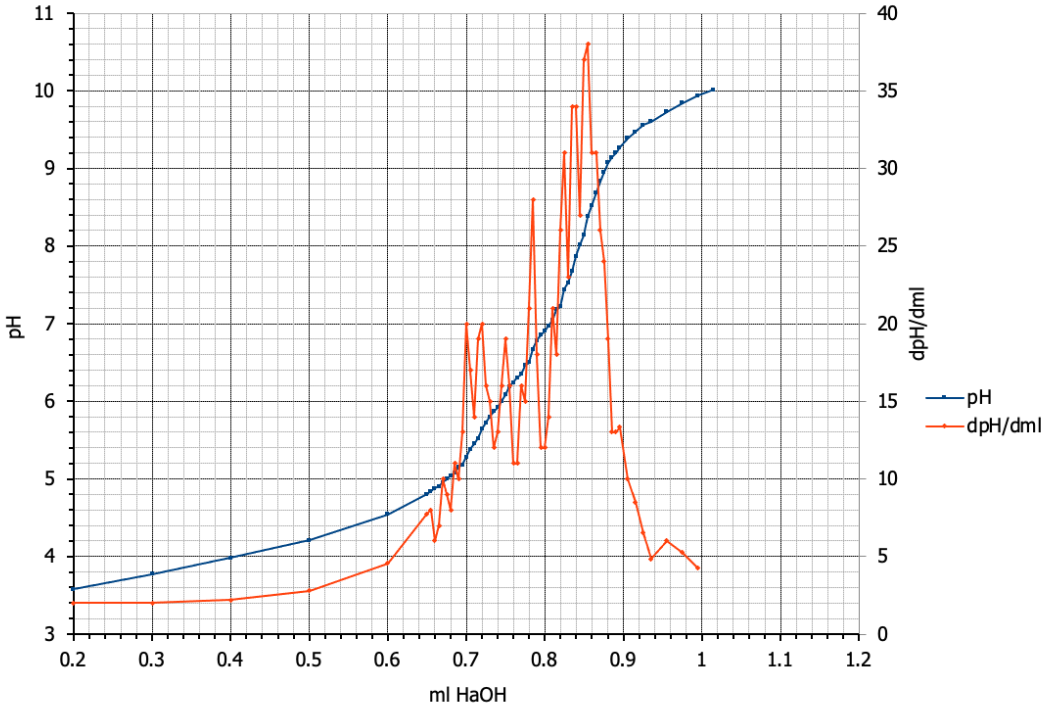
ตารางที่ ซ.33 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.10	
0.100	3.23	1.40
0.200	3.38	1.45
0.300	3.52	1.45
0.400	3.67	1.50
0.500	3.82	1.45
0.600	3.96	1.40
0.700	4.10	1.53
0.750	4.18	1.70
0.800	4.27	2.00
0.850	4.38	2.40
0.900	4.51	3.20
0.950	4.70	3.94
0.970	4.78	5.00
0.990	4.90	6.67
1.000	4.97	7.67
1.005	5.01	9.00
1.010	5.06	9.00
1.015	5.10	10.00
1.020	5.16	15.00
1.025	5.25	14.00
1.030	5.30	15.00
1.035	5.40	23.00
1.040	5.53	22.00
1.045	5.62	20.00
1.050	5.73	19.00
1.055	5.81	8.00
1.060	5.81	13.00
1.065	5.94	25.00
1.070	6.06	22.00
1.075	6.16	21.00
1.080	6.27	19.00
1.085	6.35	14.00
1.090	6.41	19.00
1.095	6.54	24.00
1.100	6.65	26.00
1.105	6.80	31.00
1.110	6.96	31.00
1.115	7.11	26.00
1.120	7.22	22.00
1.125	7.33	44.00
1.130	7.66	49.00
1.135	7.82	38.00
1.140	8.04	43.00
1.145	8.25	49.00
1.150	8.53	44.00
1.155	8.69	38.00
1.160	8.91	31.00
1.165	9.00	18.00
1.170	9.09	17.00
1.175	9.17	13.33
1.185	9.25	10.00
1.195	9.37	10.50
1.205	9.46	8.17
1.225	9.59	6.75
1.245	9.73	5.75
1.265	9.82	4.13
1.315	9.98	3.20
1.365	10.14	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	03043. g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.34 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2104 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00037 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01257 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.976
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.382
Total wt% H_2O_2	6.358

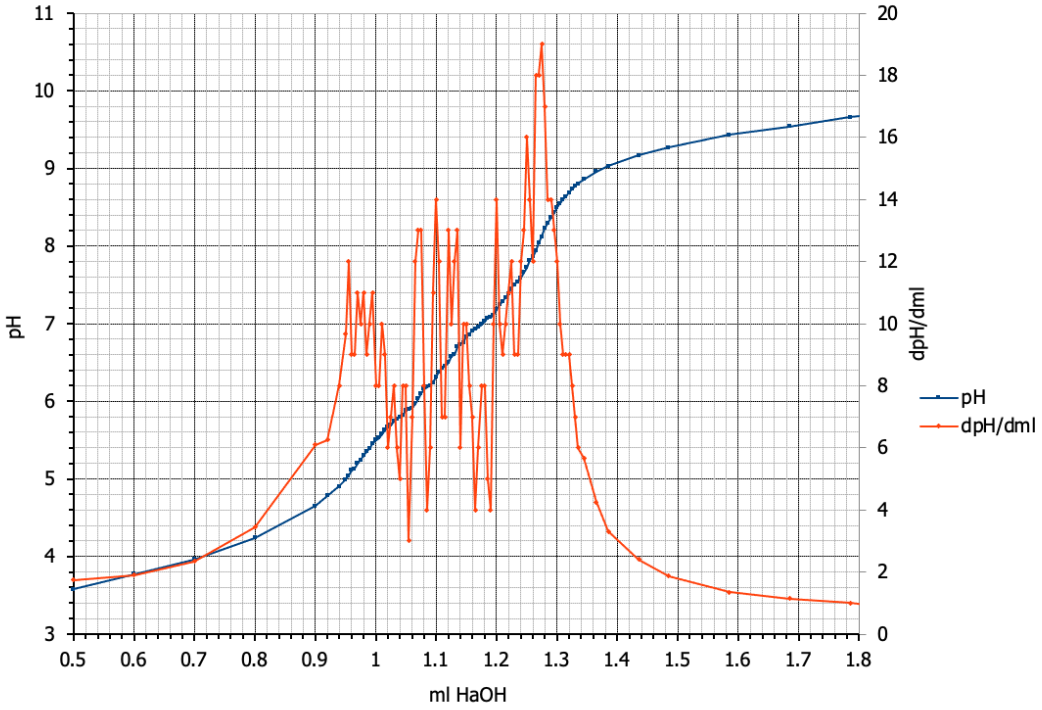
ตารางที่ ซ.34 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.17	
0.100	3.37	2.05
0.200	3.58	2.00
0.300	3.77	2.00
0.400	3.98	2.20
0.500	4.21	2.80
0.600	4.54	4.57
0.650	4.80	7.75
0.655	4.84	8.00
0.660	4.88	6.00
0.665	4.90	7.00
0.670	4.95	10.00
0.675	5.00	9.00
0.680	5.04	8.00
0.685	5.08	11.00
0.690	5.15	10.00
0.695	5.18	13.00
0.700	5.28	20.00
0.705	5.38	17.00
0.710	5.45	14.00
0.715	5.52	19.00
0.720	5.64	20.00
0.725	5.72	16.00
0.730	5.80	15.00
0.735	5.87	12.00
0.740	5.92	13.00
0.745	6.00	16.00
0.750	6.08	19.00
0.755	6.19	16.00
0.760	6.24	11.00
0.765	6.30	11.00
0.770	6.35	16.00
0.775	6.46	15.00
0.780	6.50	21.00
0.785	6.67	28.00
0.790	6.78	18.00
0.795	6.85	12.00
0.800	6.90	12.00
0.805	6.97	14.00
0.810	7.04	21.00
0.815	7.18	18.00
0.820	7.22	26.00
0.825	7.44	31.00
0.830	7.53	23.00
0.835	7.67	34.00
0.840	7.87	34.00
0.845	8.01	27.00
0.850	8.14	37.00
0.855	8.38	38.00
0.860	8.52	31.00
0.865	8.69	31.00
0.870	8.83	26.00
0.875	8.95	24.00
0.880	9.07	19.00
0.885	9.14	13.00
0.890	9.20	13.00
0.895	9.27	13.33
0.905	9.39	10.00
0.915	9.47	8.50
0.925	9.56	6.50
0.935	9.60	4.83
0.955	9.73	6.00
0.975	9.84	5.25
0.995	9.94	4.25
1.015	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1146 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.35 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2143 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00154 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05239 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.445
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.536
Total wt% H_2O_2	26.981

ตารางที่ ซ.35 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.78		1.025	5.69	7.00
0.100	2.92	1.60	1.030	5.74	8.00
0.200	3.10	1.75	1.035	5.77	6.00
0.300	3.27	1.60	1.040	5.80	5.00
0.400	3.42	1.55	1.045	5.82	8.00
0.500	3.58	1.75	1.050	5.88	8.00
0.600	3.77	1.90	1.055	5.90	3.00
0.700	3.96	2.35	1.060	5.91	7.00
0.800	4.24	3.45	1.065	5.97	12.00
0.900	4.65	6.10	1.070	6.03	13.00
0.920	4.78	6.25	1.075	6.10	13.00
0.940	4.90	8.00	1.080	6.16	8.00
0.950	4.99	9.67	1.085	6.18	4.00
0.955	5.04	12.00	1.090	6.20	6.00
0.960	5.11	9.00	1.095	6.24	11.00
0.965	5.13	9.00	1.100	6.31	14.00
0.970	5.20	11.00	1.105	6.38	12.00
0.975	5.24	10.00	1.110	6.43	7.00
0.980	5.30	11.00	1.115	6.45	7.00
0.985	5.35	9.00	1.120	6.50	13.00
0.990	5.39	10.00	1.125	6.58	10.00
0.995	5.45	11.00	1.130	6.60	12.00
1.000	5.50	8.00	1.135	6.70	13.00
1.005	5.53	8.00	1.140	6.73	6.00
1.010	5.58	10.00	1.145	6.76	10.00
1.015	5.63	9.00	1.150	6.83	10.00
1.020	5.67	6.00	1.155	6.86	8.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

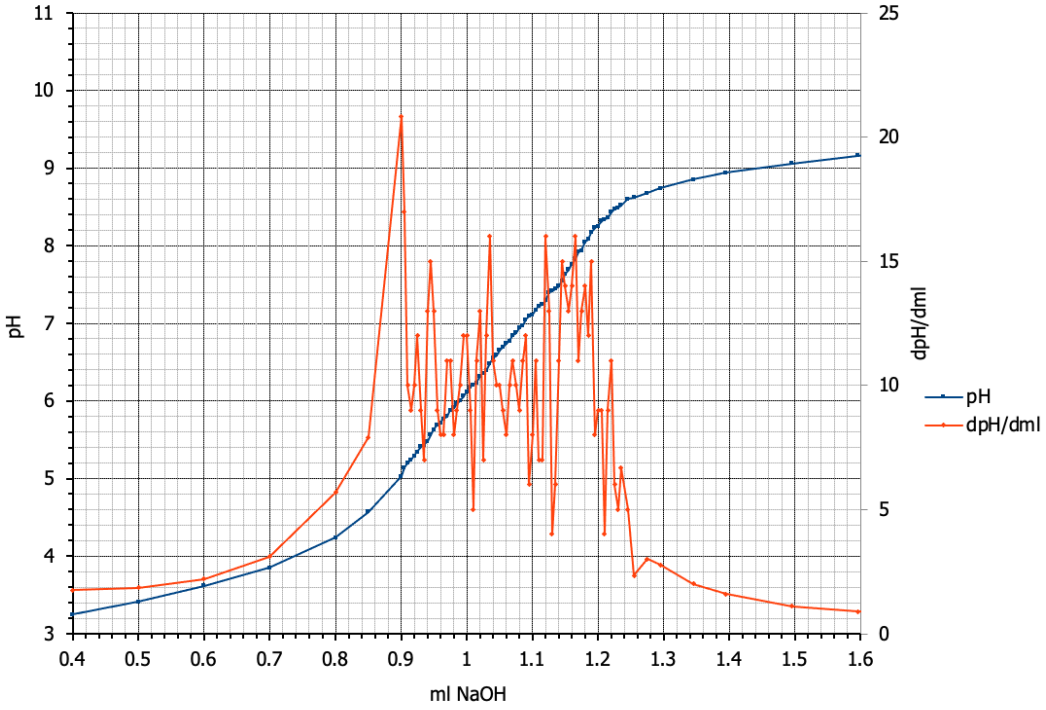
ml	pH	dpH/dml
1.160	6.91	7.00
1.165	6.93	4.00
1.170	6.95	6.00
1.175	6.99	8.00
1.180	7.03	8.00
1.185	7.07	5.00
1.190	7.08	4.00
1.195	7.11	10.00
1.200	7.18	14.00
1.205	7.25	10.00
1.210	7.28	9.00
1.215	7.34	10.00
1.220	7.38	11.00
1.225	7.45	12.00
1.230	7.50	9.00
1.235	7.54	9.00
1.240	7.59	12.00
1.245	7.66	13.00
1.250	7.72	16.00
1.255	7.82	14.00
1.260	7.86	12.00
1.265	7.94	18.00
1.270	8.04	18.00
1.275	8.12	19.00
1.280	8.23	17.00
1.285	8.29	14.00
1.290	8.37	14.00

ml	pH	dpH/dml
1.295	8.43	13.00
1.300	8.50	12.00
1.305	8.55	10.00
1.310	8.60	9.00
1.315	8.64	9.00
1.320	8.69	9.00
1.325	8.73	8.00
1.330	8.77	7.00
1.335	8.80	6.00
1.345	8.86	5.67
1.365	8.96	4.25
1.385	9.03	3.30
1.435	9.17	2.40
1.485	9.27	1.87
1.585	9.43	1.35
1.685	9.54	1.15
1.785	9.66	1.00
1.885	9.74	0.75
1.985	9.81	0.65
2.085	9.87	0.65
2.185	9.94	0.80
2.285	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1089 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.36 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2110 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00141 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04806 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.777
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.355
Total wt% H_2O_2	26.132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ.36 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.64		0.985	5.96	9.00
0.100	2.77	1.40	0.990	6.00	10.00
0.200	2.92	1.45	0.995	6.06	12.00
0.300	3.06	1.65	1.000	6.12	12.00
0.400	3.25	1.75	1.005	6.18	9.00
0.500	3.41	1.85	1.010	6.21	5.00
0.600	3.62	2.20	1.015	6.23	11.00
0.700	3.85	3.10	1.020	6.32	13.00
0.800	4.24	5.70	1.025	6.36	7.00
0.850	4.57	7.90	1.030	6.39	12.00
0.900	5.03	20.84	1.035	6.48	16.00
0.905	5.14	17.00	1.040	6.55	11.00
0.910	5.20	10.00	1.045	6.59	10.00
0.915	5.24	9.00	1.050	6.65	10.00
0.920	5.29	10.00	1.055	6.69	9.00
0.925	5.34	12.00	1.060	6.74	8.00
0.930	5.41	9.00	1.065	6.77	10.00
0.935	5.43	7.00	1.070	6.84	11.00
0.940	5.48	13.00	1.075	6.88	10.00
0.945	5.56	15.00	1.080	6.94	9.00
0.950	5.63	13.00	1.085	6.97	11.00
0.955	5.69	9.00	1.090	7.05	12.00
0.960	5.72	8.00	1.095	7.09	6.00
0.965	5.77	8.00	1.100	7.11	8.00
0.970	5.80	11.00	1.105	7.17	11.00
0.975	5.88	11.00	1.110	7.22	7.00
0.980	5.91	8.00	1.115	7.24	7.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

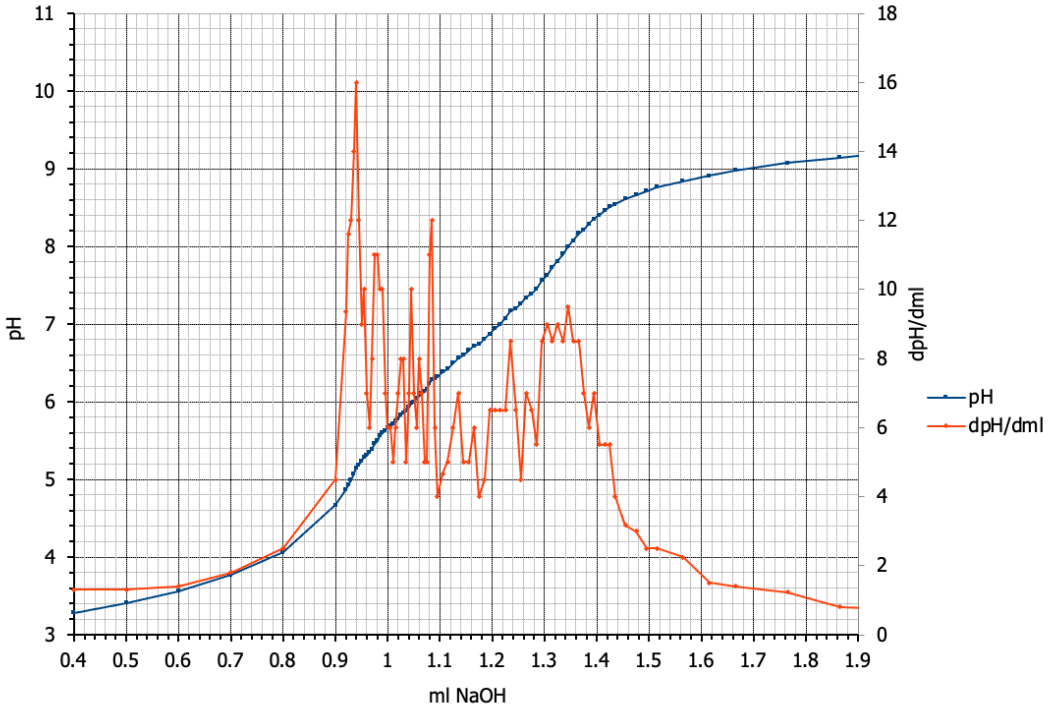
ml	pH	dpH/dml
1.120	7.29	16.00
1.125	7.40	13.00
1.130	7.42	4.00
1.135	7.44	6.00
1.140	7.48	11.00
1.145	7.55	15.00
1.150	7.63	14.00
1.155	7.69	13.00
1.160	7.76	14.00
1.165	7.83	16.00
1.170	7.92	11.00
1.175	7.94	13.00
1.180	8.05	14.00
1.185	8.08	12.00
1.190	8.17	15.00
1.195	8.23	8.00
1.200	8.25	9.00
1.205	8.32	9.00
1.210	8.34	4.00
1.215	8.36	9.00
1.220	8.43	11.00
1.225	8.47	6.00
1.230	8.49	5.00
1.235	8.52	6.67
1.245	8.60	5.00
1.255	8.62	2.33
1.275	8.68	3.00

ml	pH	dpH/dml
1.295	8.74	2.77
1.345	8.85	2.00
1.395	8.94	1.60
1.495	9.06	1.10
1.595	9.16	0.90
1.695	9.24	0.80
1.795	9.32	0.85
1.895	9.41	0.90
1.995	9.50	0.90
2.095	9.59	0.95
2.195	9.69	0.95
2.295	9.78	0.85
2.395	9.86	0.80
2.495	9.94	0.75
2.595	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1251 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.37 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2206 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00135 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04590 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.806
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.385
Total wt% H_2O_2	24.191

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ.37 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.82		1.005	5.69	5.00
0.100	2.90	1.00	1.010	5.71	6.00
0.200	3.02	1.25	1.015	5.75	7.00
0.300	3.15	1.30	1.020	5.78	8.00
0.400	3.28	1.30	1.025	5.83	8.00
0.500	3.41	1.40	1.030	5.86	5.00
0.600	3.56	1.80	1.035	5.88	7.00
0.700	3.77	2.50	1.040	5.93	10.00
0.800	4.06	4.50	1.045	5.98	7.00
0.900	4.67	9.35	1.050	6.00	6.00
0.920	4.87	11.60	1.055	6.04	8.00
0.925	4.93	12.00	1.060	6.08	7.00
0.930	4.99	14.00	1.065	6.11	5.00
0.935	5.07	16.00	1.070	6.13	5.00
0.940	5.15	12.00	1.075	6.16	11.00
0.945	5.19	9.00	1.080	6.24	12.00
0.950	5.24	10.00	1.085	6.28	6.00
0.955	5.29	7.00	1.090	6.30	4.00
0.960	5.31	6.00	1.095	6.32	4.67
0.965	5.35	8.00	1.105	6.38	5.00
0.970	5.39	11.00	1.115	6.42	6.00
0.975	5.46	11.00	1.125	6.50	7.00
0.980	5.50	10.00	1.135	6.56	5.00
0.985	5.56	10.00	1.145	6.60	5.00
0.990	5.60	7.00	1.155	6.66	6.00
0.995	5.63	6.00	1.165	6.72	4.00
1.000	5.66	6.00	1.175	6.74	4.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

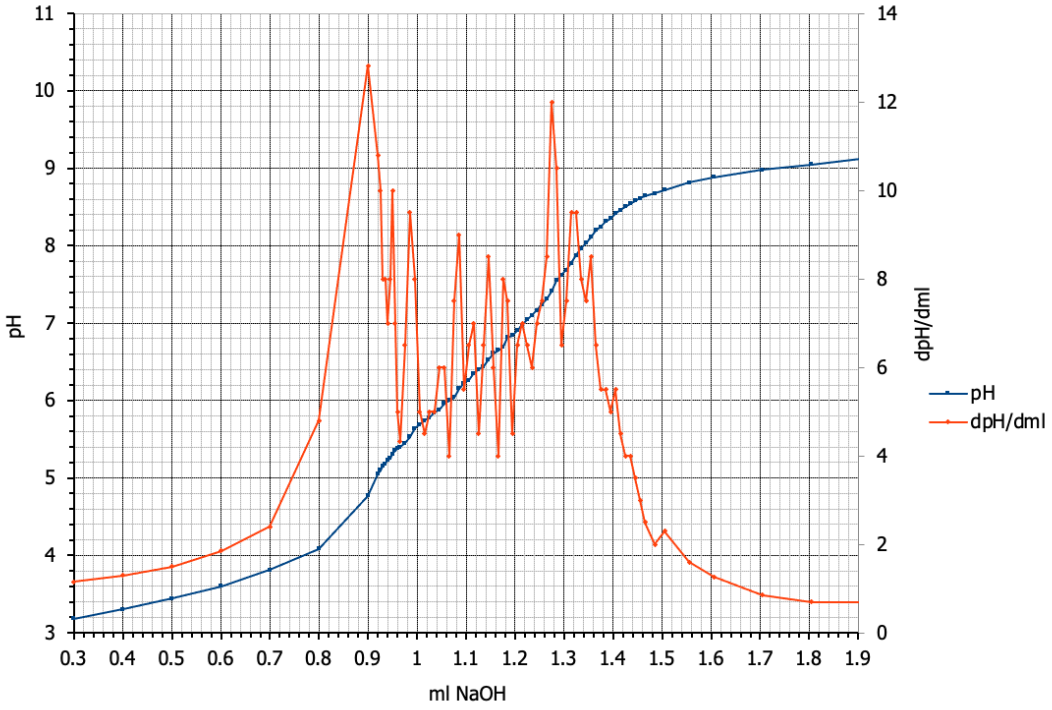
ml	pH	dpH/dml
1.185	6.81	6.50
1.195	6.87	6.50
1.205	6.94	6.50
1.215	7.00	6.50
1.225	7.07	8.50
1.235	7.17	6.50
1.245	7.20	4.50
1.255	7.26	7.00
1.265	7.34	6.50
1.275	7.39	5.50
1.285	7.45	8.50
1.295	7.56	9.00
1.305	7.63	8.50
1.315	7.73	9.00
1.325	7.81	8.50
1.335	7.90	9.50
1.345	8.00	8.50
1.355	8.07	8.50
1.365	8.17	7.00
1.375	8.21	6.00
1.385	8.29	7.00
1.395	8.35	5.50
1.405	8.40	5.50
1.415	8.46	5.50
1.425	8.51	4.00
1.435	8.54	3.17
1.455	8.61	3.00

ml	pH	dpH/dml
1.475	8.66	2.50
1.495	8.71	2.50
1.515	8.76	2.24
1.565	8.84	1.50
1.615	8.91	1.40
1.665	8.98	1.23
1.765	9.07	0.80
1.865	9.14	0.75
1.965	9.22	1.05
2.065	9.35	1.25
2.165	9.47	1.00
2.265	9.55	0.80
2.365	9.63	0.75
2.465	9.70	0.70
2.565	9.77	0.65
2.665	9.83	0.60
2.765	9.89	0.50
2.865	9.93	0.45
2.965	9.98	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1196 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.38 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2071 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	17.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02826 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00126 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04277 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	20.654
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.638
Total wt% H_2O_2	23.292

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

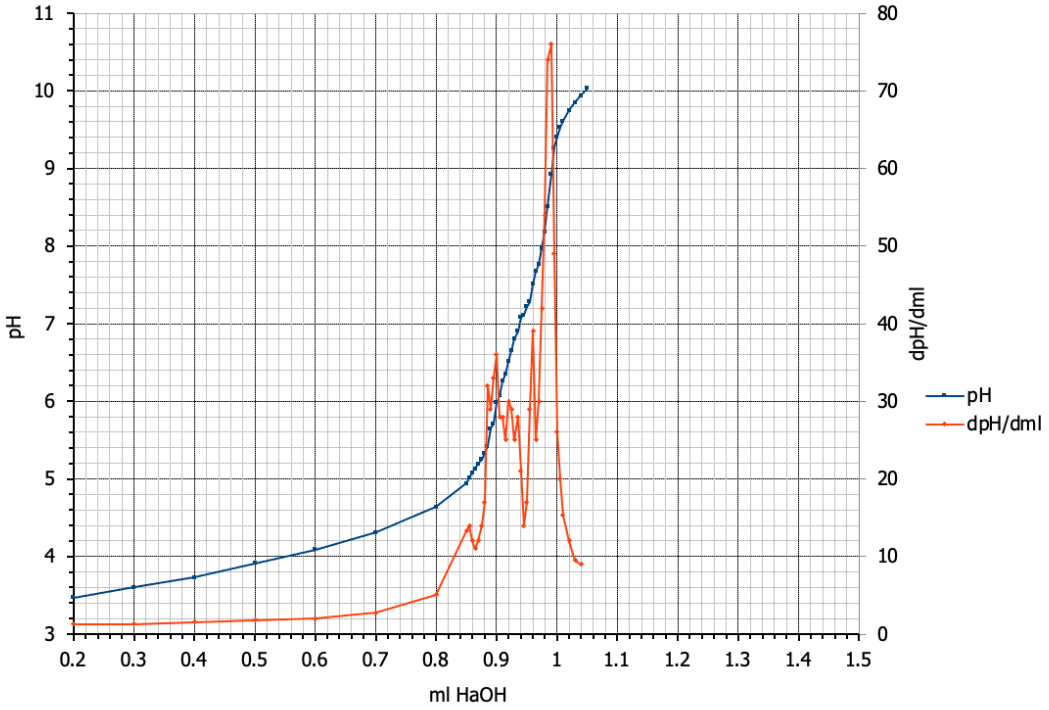
ตารางที่ ซ.38 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.88		1.045	5.88	6.00	1.315	7.77	9.50
0.100	2.97	0.95	1.055	5.96	6.00	1.325	7.87	9.50
0.200	3.07	1.05	1.065	6.00	4.00	1.335	7.96	8.00
0.300	3.18	1.15	1.075	6.04	7.50	1.345	8.03	7.50
0.400	3.30	1.30	1.085	6.15	9.00	1.355	8.11	8.50
0.500	3.44	1.50	1.095	6.22	5.50	1.365	8.20	6.50
0.600	3.60	1.85	1.105	6.26	6.50	1.375	8.24	5.50
0.700	3.81	2.40	1.115	6.35	7.00	1.385	8.31	5.50
0.800	4.08	4.80	1.125	6.40	4.50	1.395	8.35	5.00
0.900	4.77	12.82	1.135	6.44	6.50	1.405	8.41	5.50
0.920	5.05	10.80	1.145	6.53	8.50	1.415	8.46	4.50
0.925	5.10	10.00	1.155	6.61	6.00	1.425	8.50	4.00
0.930	5.15	8.00	1.165	6.65	4.00	1.435	8.54	4.00
0.935	5.18	8.00	1.175	6.69	8.00	1.445	8.58	3.50
0.940	5.23	7.00	1.185	6.81	7.50	1.455	8.61	3.00
0.945	5.25	8.00	1.195	6.84	4.50	1.465	8.64	2.50
0.950	5.31	10.00	1.205	6.90	6.50	1.485	8.67	2.00
0.955	5.35	7.00	1.215	6.97	7.00	1.505	8.72	2.30
0.960	5.38	5.00	1.225	7.04	6.50	1.555	8.81	1.60
0.965	5.40	4.33	1.235	7.10	6.00	1.605	8.88	1.27
0.975	5.45	6.50	1.245	7.16	7.00	1.705	8.98	0.85
0.985	5.53	9.50	1.255	7.24	7.50	1.805	9.05	0.70
0.995	5.64	8.00	1.265	7.31	8.50	1.905	9.12	0.70
1.005	5.69	5.00	1.275	7.41	12.00	2.005	9.19	0.75
1.015	5.74	4.50	1.285	7.55	10.50	2.105	9.27	0.85
1.025	5.78	5.00	1.295	7.62	6.50	2.205	9.36	0.80
1.035	5.84	5.00	1.305	7.68	7.50	2.305	9.43	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2080 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.39 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2084 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00046 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01562 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	7.496
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.680
Total wt% H_2O_2	8.176

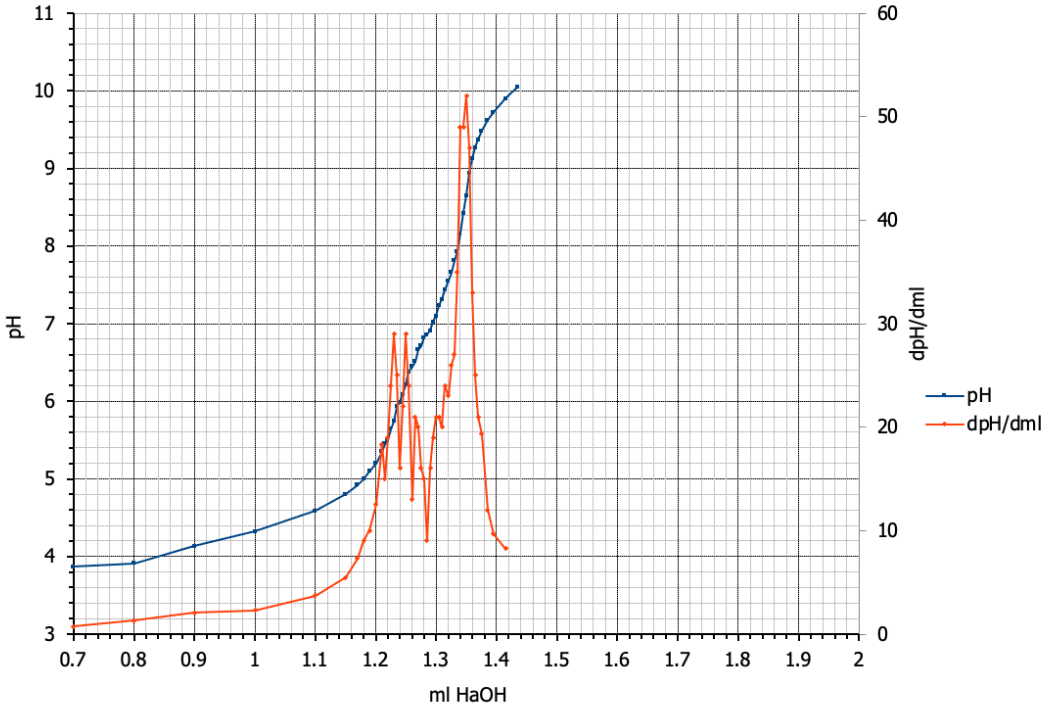
ตารางที่ ซ.39 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.25	
0.100	3.34	1.10
0.200	3.47	1.30
0.300	3.60	1.30
0.400	3.73	1.55
0.500	3.91	1.80
0.600	4.09	2.00
0.700	4.31	2.75
0.800	4.64	5.10
0.850	4.94	13.27
0.855	5.01	14.00
0.860	5.08	12.00
0.865	5.13	11.00
0.870	5.19	12.00
0.875	5.25	14.00
0.880	5.33	17.00
0.885	5.42	32.00
0.890	5.65	29.00
0.895	5.71	33.00
0.900	5.98	36.00
0.905	6.07	28.00
0.910	6.26	28.00
0.915	6.35	25.00
0.920	6.51	30.00
0.925	6.65	29.00
0.930	6.80	25.00
0.935	6.90	28.00
0.940	7.08	21.00
0.945	7.11	14.00
0.950	7.22	17.00
0.955	7.28	29.00
0.960	7.51	39.00
0.965	7.67	25.00
0.970	7.76	30.00
0.975	7.97	42.00
0.980	8.18	54.00
0.985	8.51	74.00
0.990	8.92	76.00
0.995	9.27	49.00
1.000	9.41	26.00
1.005	9.53	20.00
1.010	9.61	15.33
1.020	9.75	12.00
1.030	9.85	9.50
1.040	9.94	9.00
1.050	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3152 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.40 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2149 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00043 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01463 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	6.808
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.499
Total wt% H_2O_2	7.306

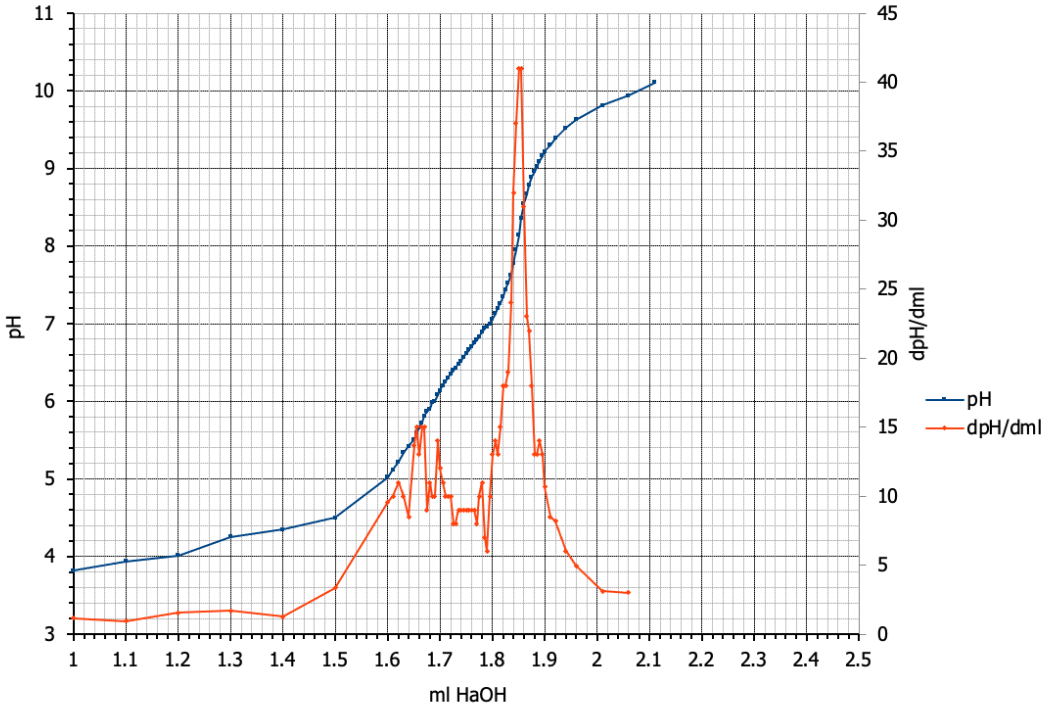
ตารางที่ ซ.40 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.09		1.260	6.45	13.00
0.100	3.19	1.05	1.265	6.51	21.00
0.200	3.30	1.05	1.270	6.66	20.00
0.300	3.40	1.10	1.275	6.71	16.00
0.400	3.52	1.10	1.280	6.82	15.00
0.500	3.62	1.20	1.285	6.86	9.00
0.600	3.76	1.25	1.290	6.91	16.00
0.700	3.87	0.75	1.295	7.02	19.00
0.800	3.91	1.30	1.300	7.10	21.00
0.900	4.13	2.05	1.305	7.23	21.00
1.000	4.32	2.30	1.310	7.31	20.00
1.100	4.59	3.70	1.315	7.43	24.00
1.150	4.80	5.49	1.320	7.55	23.00
1.170	4.92	7.33	1.325	7.66	26.00
1.180	5.00	9.00	1.330	7.81	27.00
1.190	5.10	10.00	1.335	7.93	35.00
1.200	5.20	12.50	1.340	8.16	49.00
1.210	5.35	18.33	1.345	8.42	49.00
1.215	5.45	15.00	1.350	8.65	52.00
1.220	5.50	19.00	1.355	8.94	47.00
1.225	5.64	24.00	1.360	9.12	33.00
1.230	5.74	29.00	1.365	9.27	25.00
1.235	5.93	25.00	1.370	9.37	21.00
1.240	5.99	16.00	1.375	9.48	19.33
1.245	6.09	22.00	1.385	9.62	12.00
1.250	6.21	29.00	1.395	9.72	9.67
1.255	6.38	24.00	1.415	9.90	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5005 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.41 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2075 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	4.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00030 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01016 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	4.900
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.495
Total wt% H_2O_2	5.394

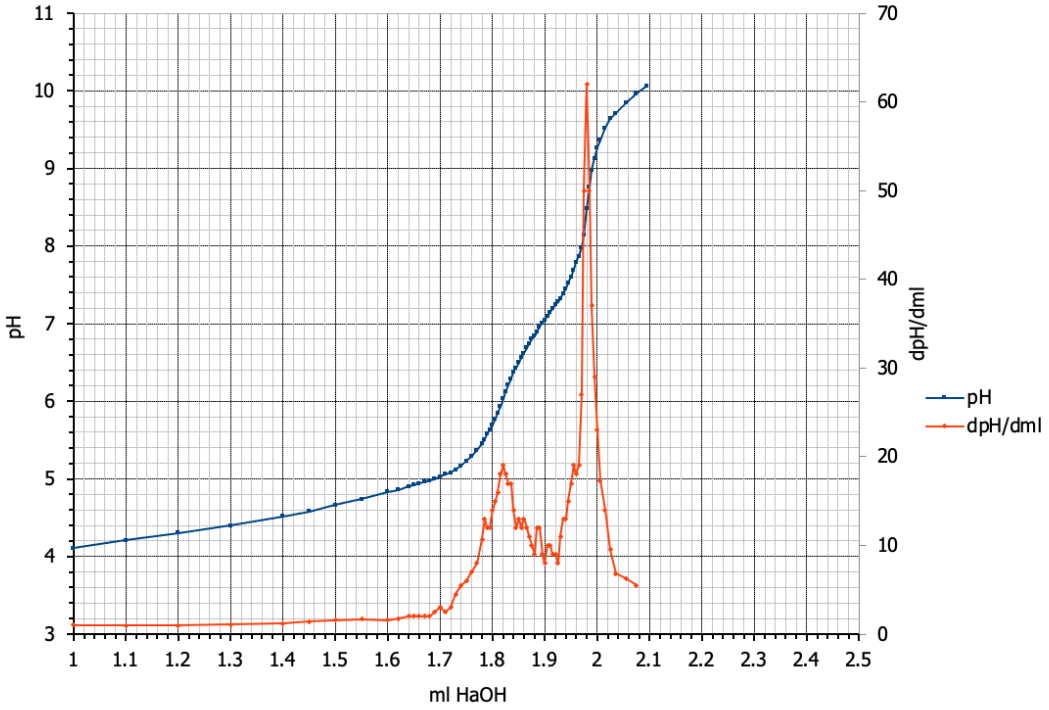
ตารางที่ ซ.41 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.92	
0.100	2.94	0.50
0.200	3.02	0.85
0.300	3.11	0.95
0.400	3.21	1.05
0.500	3.32	1.05
0.600	3.42	0.95
0.700	3.51	0.95
0.800	3.61	1.00
0.900	3.71	1.05
1.000	3.82	1.15
1.100	3.94	0.95
1.200	4.01	1.55
1.300	4.25	1.70
1.400	4.35	1.25
1.500	4.50	3.35
1.600	5.02	9.56
1.610	5.12	10.00
1.620	5.22	11.00
1.630	5.34	10.00
1.640	5.42	8.50
1.650	5.51	13.67
1.655	5.59	15.00
1.660	5.66	13.00
1.665	5.72	15.00
1.670	5.81	15.00
1.675	5.87	9.00
1.680	5.90	11.00
1.685	5.98	10.00
1.690	6.00	10.00
1.695	6.08	14.00
1.700	6.14	12.00
1.705	6.20	11.00
1.710	6.25	10.00
1.715	6.30	10.00
1.720	6.35	10.00
1.725	6.40	8.00
1.730	6.43	8.00
1.735	6.48	9.00
1.740	6.52	9.00
1.745	6.57	9.00
1.750	6.61	9.00
1.755	6.66	9.00
1.760	6.70	9.00
1.765	6.75	9.00
1.770	6.79	8.00
1.775	6.83	10.00
1.780	6.89	11.00
1.785	6.94	7.00
1.790	6.96	6.00
1.795	7.00	10.00
1.800	7.06	13.00
1.805	7.13	14.00
1.810	7.20	13.00
1.815	7.26	15.00
1.820	7.35	18.00
1.825	7.44	18.00
1.830	7.53	19.00
1.835	7.63	24.00
1.840	7.77	32.00
1.845	7.95	37.00
1.850	8.14	41.00
1.855	8.36	41.00
1.860	8.55	31.00
1.865	8.67	23.00
1.870	8.78	22.00
1.875	8.89	18.00
1.880	8.96	13.00
1.885	9.02	13.00
1.890	9.09	14.00
1.895	9.16	13.00
1.900	9.22	10.67
1.910	9.30	8.50
1.920	9.39	8.17
1.940	9.52	6.00
1.960	9.63	4.96
2.010	9.81	3.10
2.060	9.94	3.00
2.110	10.11	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (1:4) 1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.6064 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.42 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2114 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	3.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00028 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00942 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	4.457
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.415
Total wt% H_2O_2	4.872

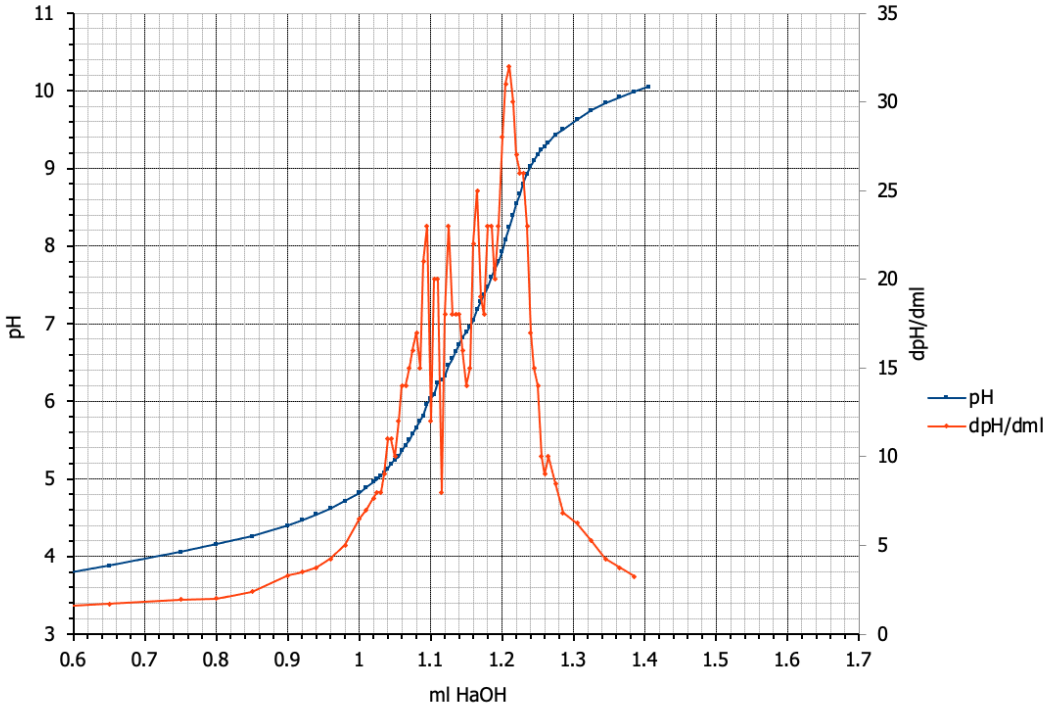
ตารางที่ ซ.42 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.16		1.710	5.06	2.50	1.880	6.84	9.00
0.100	3.25	0.95	1.720	5.08	3.00	1.885	6.89	12.00
0.200	3.35	1.00	1.730	5.12	4.50	1.890	6.96	12.00
0.300	3.45	1.05	1.740	5.17	5.50	1.895	7.01	9.00
0.400	3.56	1.00	1.750	5.23	6.00	1.900	7.05	8.00
0.500	3.65	0.95	1.760	5.29	7.00	1.905	7.09	10.00
0.600	3.75	0.95	1.770	5.37	8.00	1.910	7.15	10.00
0.700	3.84	0.90	1.780	5.45	10.67	1.915	7.19	9.00
0.800	3.93	0.85	1.785	5.51	13.00	1.920	7.24	9.00
0.900	4.01	0.90	1.790	5.58	12.00	1.925	7.28	8.00
1.000	4.11	1.00	1.795	5.63	12.00	1.930	7.32	11.00
1.100	4.21	0.95	1.800	5.70	14.00	1.935	7.39	13.00
1.200	4.30	0.95	1.805	5.77	15.00	1.940	7.45	13.00
1.300	4.40	1.10	1.810	5.85	16.00	1.945	7.52	15.00
1.400	4.52	1.20	1.815	5.93	18.00	1.950	7.60	17.00
1.450	4.58	1.40	1.820	6.03	19.00	1.955	7.69	19.00
1.500	4.66	1.60	1.825	6.12	18.00	1.960	7.79	18.00
1.550	4.74	1.70	1.830	6.21	17.00	1.965	7.87	19.00
1.600	4.83	1.59	1.835	6.29	17.00	1.970	7.98	27.00
1.620	4.86	1.75	1.840	6.38	14.00	1.975	8.14	50.00
1.640	4.90	2.00	1.845	6.43	12.00	1.980	8.48	62.00
1.650	4.92	2.00	1.850	6.50	13.00	1.985	8.76	50.00
1.660	4.94	2.00	1.855	6.56	12.00	1.990	8.98	37.00
1.670	4.96	2.00	1.860	6.62	13.00	1.995	9.13	29.00
1.680	4.98	2.00	1.865	6.69	12.00	2.000	9.27	23.00
1.690	5.00	2.50	1.870	6.74	11.00	2.005	9.36	17.33
1.700	5.03	3.00	1.875	6.80	10.00	2.015	9.52	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1114 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.43 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2351 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	24.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00180 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.06114 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	26.005
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.714
Total wt% H_2O_2	27.720

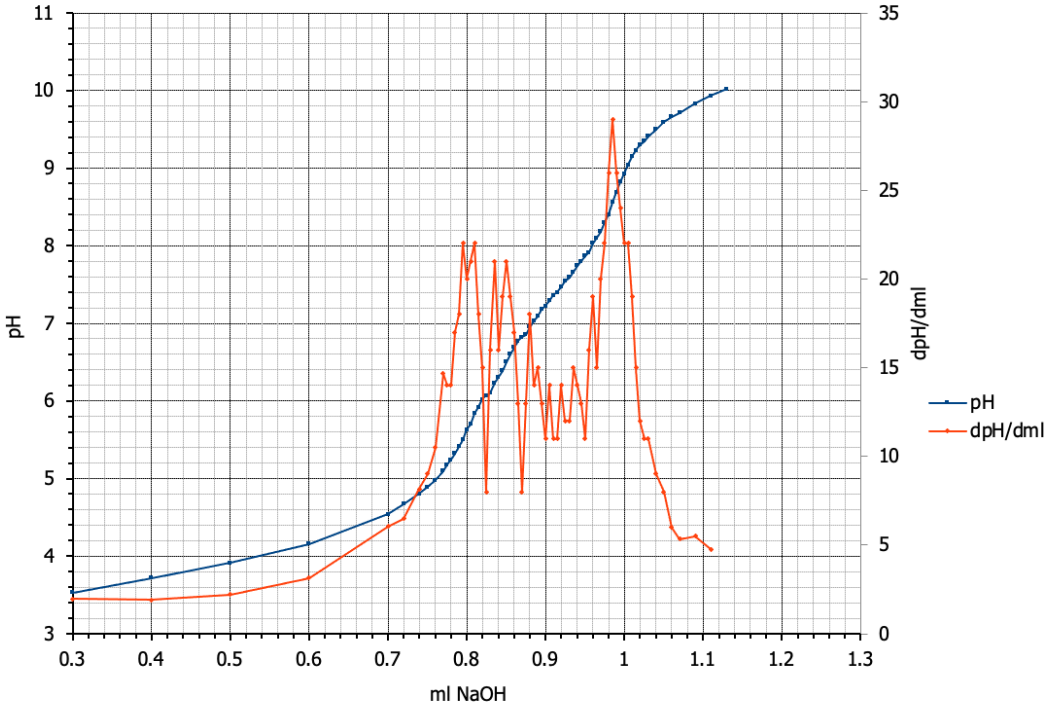
ตารางที่ ซ.43 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.90	
0.050	2.98	1.57
0.150	3.13	1.50
0.250	3.28	1.50
0.350	3.43	1.50
0.450	3.58	1.45
0.550	3.72	1.50
0.650	3.88	1.70
0.750	4.06	1.93
0.800	4.16	2.00
0.850	4.26	2.40
0.900	4.40	3.30
0.920	4.47	3.50
0.940	4.54	3.75
0.960	4.62	4.25
0.980	4.71	5.00
1.000	4.82	6.50
1.010	4.89	7.00
1.020	4.96	7.67
1.025	5.00	8.00
1.030	5.04	8.00
1.035	5.08	9.00
1.040	5.13	11.00
1.045	5.19	11.00
1.050	5.24	10.00
1.055	5.29	12.00
1.060	5.36	14.00
1.065	5.43	14.00
1.070	5.50	15.00
1.075	5.58	16.00
1.080	5.66	17.00
1.085	5.75	15.00
1.090	5.81	21.00
1.095	5.96	23.00
1.100	6.04	12.00
1.105	6.08	20.00
1.110	6.24	20.00
1.115	6.28	8.00
1.120	6.32	18.00
1.125	6.46	23.00
1.130	6.55	18.00
1.135	6.64	18.00
1.140	6.73	18.00
1.145	6.82	16.00
1.150	6.89	14.00
1.155	6.96	15.00
1.160	7.04	22.00
1.165	7.18	25.00
1.170	7.29	19.00
1.175	7.37	18.00
1.180	7.47	23.00
1.185	7.60	23.00
1.190	7.70	20.00
1.195	7.80	23.00
1.200	7.93	28.00
1.205	8.08	31.00
1.210	8.24	32.00
1.215	8.40	30.00
1.220	8.54	27.00
1.225	8.67	26.00
1.230	8.80	26.00
1.235	8.93	23.00
1.240	9.03	17.00
1.245	9.10	15.00
1.250	9.18	14.00
1.255	9.24	10.00
1.260	9.28	9.00
1.265	9.33	10.00
1.275	9.43	8.50
1.285	9.50	6.83
1.305	9.63	6.25
1.325	9.75	5.25
1.345	9.84	4.25
1.365	9.92	3.75
1.385	9.99	3.25
1.405	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0927 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.44 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1836 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	18.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00132 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04487 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.438
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.135
Total wt% H_2O_2	27.573

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

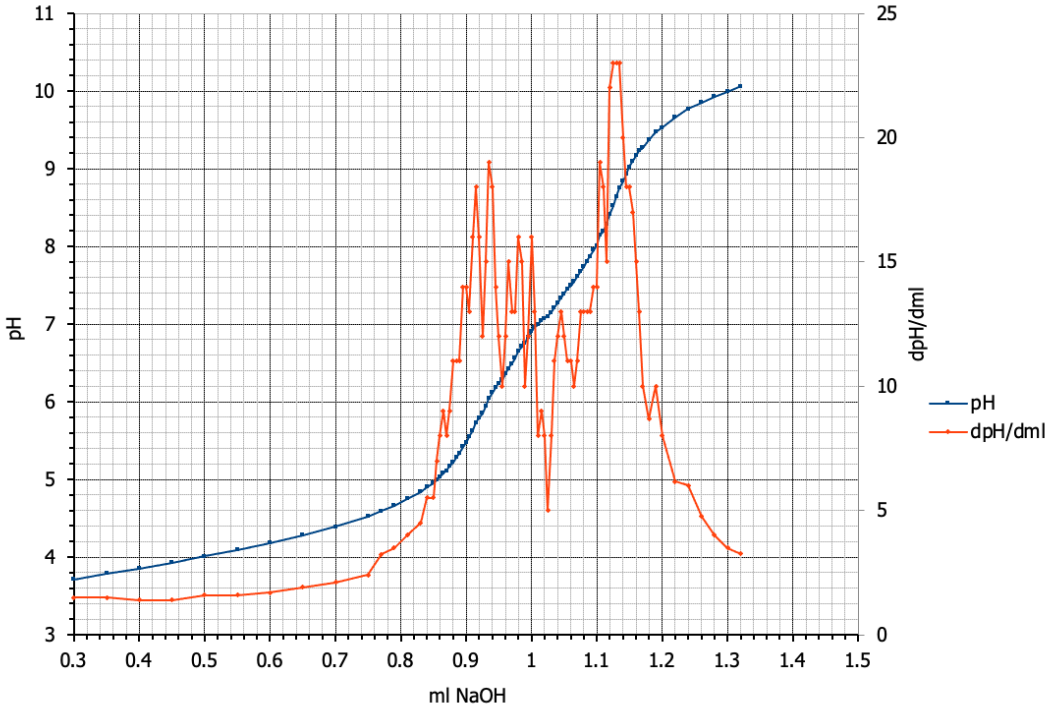
ตารางที่ ซ.44 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.93	
0.100	3.14	2.00
0.200	3.33	1.95
0.300	3.53	1.95
0.400	3.72	1.90
0.500	3.91	2.20
0.600	4.16	3.15
0.700	4.54	6.05
0.720	4.67	6.50
0.740	4.80	8.17
0.750	4.89	9.00
0.760	4.98	10.50
0.770	5.10	14.67
0.775	5.18	14.00
0.780	5.24	14.00
0.785	5.32	17.00
0.790	5.41	18.00
0.795	5.50	22.00
0.800	5.63	20.00
0.805	5.70	21.00
0.810	5.84	22.00
0.815	5.92	18.00
0.820	6.02	15.00
0.825	6.07	8.00
0.830	6.10	16.00
0.835	6.23	21.00
0.840	6.31	16.00
0.845	6.39	19.00
0.850	6.50	21.00
0.855	6.60	19.00
0.860	6.69	17.00
0.865	6.77	13.00
0.870	6.82	8.00
0.875	6.85	13.00
0.880	6.95	18.00
0.885	7.03	14.00
0.890	7.09	15.00
0.895	7.18	13.00
0.900	7.22	11.00
0.905	7.29	14.00
0.910	7.36	11.00
0.915	7.40	11.00
0.920	7.47	14.00
0.925	7.54	12.00
0.930	7.59	12.00
0.935	7.66	15.00
0.940	7.74	14.00
0.945	7.80	13.00
0.950	7.87	11.00
0.955	7.91	16.00
0.960	8.03	19.00
0.965	8.10	15.00
0.970	8.18	20.00
0.975	8.30	22.00
0.980	8.40	26.00
0.985	8.56	29.00
0.990	8.69	26.00
0.995	8.82	24.00
1.000	8.93	22.00
1.005	9.04	22.00
1.010	9.15	19.00
1.015	9.23	15.00
1.020	9.30	12.00
1.025	9.35	11.00
1.030	9.41	11.00
1.040	9.50	9.00
1.050	9.59	8.00
1.060	9.66	6.00
1.070	9.71	5.33
1.090	9.83	5.50
1.110	9.93	4.75
1.130	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1072 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.45 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2251 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00162 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05498 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.423
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.021
Total wt% H_2O_2	27.443

ตารางที่ ซ.45 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.25		0.880	5.22	11.00
0.050	3.33	1.60	0.885	5.28	11.00
0.100	3.41	1.50	0.890	5.33	14.00
0.150	3.48	1.50	0.895	5.42	14.00
0.200	3.56	1.60	0.900	5.47	13.00
0.250	3.64	1.50	0.905	5.55	16.00
0.300	3.71	1.50	0.910	5.63	18.00
0.350	3.79	1.40	0.915	5.73	16.00
0.400	3.85	1.40	0.920	5.79	12.00
0.450	3.93	1.60	0.925	5.85	15.00
0.500	4.01	1.60	0.930	5.94	19.00
0.550	4.09	1.70	0.935	6.04	18.00
0.600	4.18	1.90	0.940	6.12	14.00
0.650	4.28	2.10	0.945	6.18	12.00
0.700	4.39	2.40	0.950	6.24	10.00
0.750	4.52	3.24	0.955	6.28	12.00
0.770	4.59	3.50	0.960	6.36	15.00
0.790	4.66	4.00	0.965	6.43	13.00
0.810	4.75	4.50	0.970	6.49	13.00
0.830	4.84	5.50	0.975	6.56	16.00
0.840	4.90	5.50	0.980	6.65	15.00
0.850	4.95	7.00	0.985	6.71	10.00
0.855	4.99	8.00	0.990	6.75	12.00
0.860	5.03	9.00	0.995	6.83	16.00
0.865	5.08	8.00	1.000	6.91	13.00
0.870	5.11	9.00	1.005	6.96	8.00
0.875	5.17	11.00	1.010	6.99	9.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

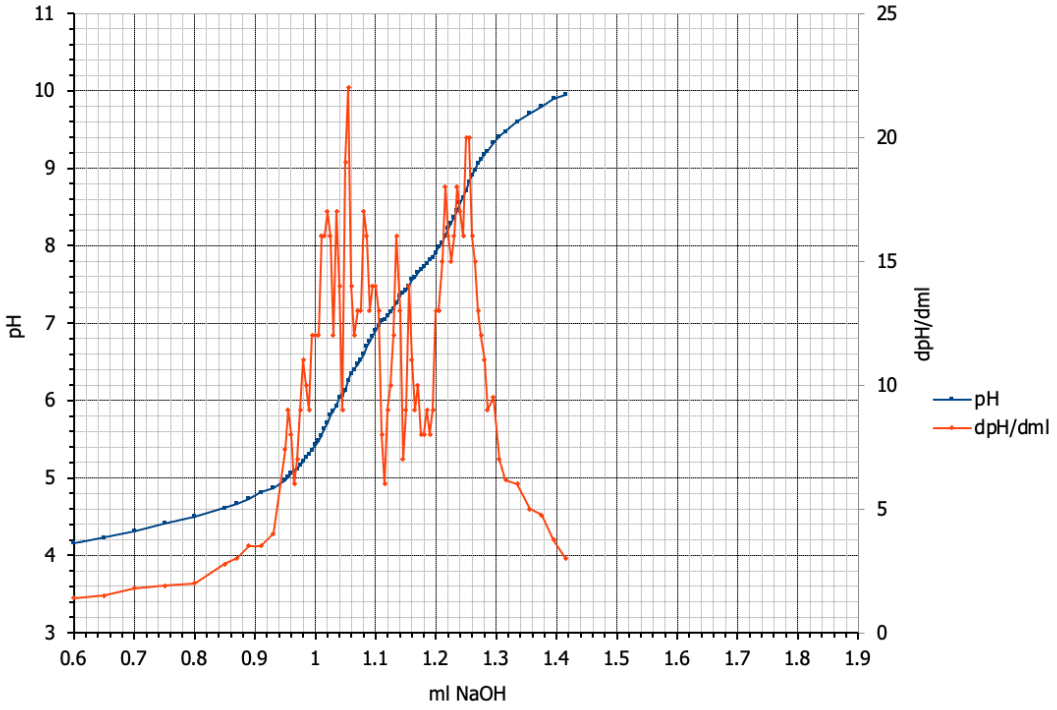
ml	pH	dpH/dml
1.015	7.05	8.00
1.020	7.07	5.00
1.025	7.10	8.00
1.030	7.15	11.00
1.035	7.21	12.00
1.040	7.27	13.00
1.045	7.34	12.00
1.050	7.39	11.00
1.055	7.45	11.00
1.060	7.50	10.00
1.065	7.55	11.00
1.070	7.61	13.00
1.075	7.68	13.00
1.080	7.74	13.00
1.085	7.81	13.00
1.090	7.87	14.00
1.095	7.95	14.00
1.100	8.01	19.00
1.105	8.14	18.00
1.110	8.19	15.00
1.115	8.29	22.00
1.120	8.41	23.00
1.125	8.52	23.00
1.130	8.64	23.00
1.135	8.75	20.00
1.140	8.84	18.00
1.145	8.93	18.00

ml	pH	dpH/dml
1.150	9.02	17.00
1.155	9.10	15.00
1.160	9.17	13.00
1.165	9.23	10.00
1.170	9.27	8.67
1.180	9.37	10.00
1.190	9.47	8.00
1.200	9.53	6.17
1.220	9.66	6.00
1.240	9.77	4.75
1.260	9.85	4.00
1.280	9.93	3.50
1.300	9.99	3.25
1.320	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1258 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.46 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1828 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	18.0ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00130 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04437 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.275
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.673
Total wt% H_2O_2	26.948

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ.46 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.45		0.975	5.16	9.00
0.050	3.51	1.20	0.980	5.21	11.00
0.100	3.57	1.10	0.985	5.27	10.00
0.150	3.62	1.20	0.990	5.31	9.00
0.200	3.69	1.30	0.995	5.36	12.00
0.250	3.75	1.10	1.000	5.43	12.00
0.300	3.80	1.10	1.005	5.48	12.00
0.350	3.86	1.20	1.010	5.55	16.00
0.400	3.92	1.20	1.015	5.64	16.00
0.450	3.98	1.10	1.020	5.71	17.00
0.500	4.03	1.10	1.025	5.81	16.00
0.550	4.09	1.30	1.030	5.87	12.00
0.600	4.16	1.40	1.035	5.93	17.00
0.650	4.23	1.50	1.040	6.04	14.00
0.700	4.31	1.80	1.045	6.07	9.00
0.750	4.41	1.90	1.050	6.13	19.00
0.800	4.50	2.00	1.055	6.26	22.00
0.850	4.61	2.77	1.060	6.35	14.00
0.870	4.67	3.00	1.065	6.40	12.00
0.890	4.73	3.50	1.070	6.47	13.00
0.910	4.81	3.50	1.075	6.53	13.00
0.930	4.87	4.00	1.080	6.60	17.00
0.950	4.97	7.40	1.085	6.70	16.00
0.955	5.01	9.00	1.090	6.76	13.00
0.960	5.06	8.00	1.095	6.83	14.00
0.965	5.09	6.00	1.100	6.90	14.00
0.970	5.12	7.00	1.105	6.97	13.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

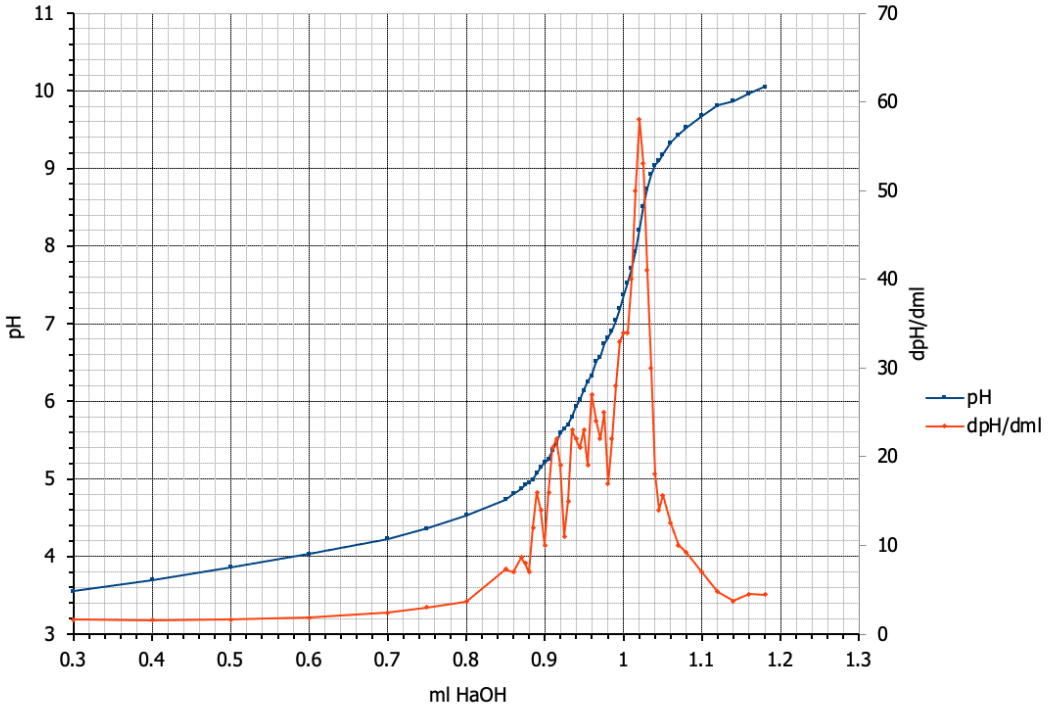
ml	pH	dpH/dml
1.110	7.03	8.00
1.115	7.05	6.00
1.120	7.09	9.00
1.125	7.14	10.00
1.130	7.19	12.00
1.135	7.26	16.00
1.140	7.35	13.00
1.145	7.39	7.00
1.150	7.42	9.00
1.155	7.48	14.00
1.160	7.56	11.00
1.165	7.59	9.00
1.170	7.65	10.00
1.175	7.69	8.00
1.180	7.73	8.00
1.185	7.77	9.00
1.190	7.82	8.00
1.195	7.85	9.00
1.200	7.91	13.00
1.205	7.98	13.00
1.210	8.04	15.00
1.215	8.13	18.00
1.220	8.22	16.00
1.225	8.29	15.00
1.230	8.37	16.00
1.235	8.45	18.00
1.240	8.55	17.00

ml	pH	dpH/dml
1.245	8.62	16.00
1.250	8.71	20.00
1.255	8.82	20.00
1.260	8.91	16.00
1.265	8.98	15.00
1.270	9.06	13.00
1.275	9.11	12.00
1.280	9.18	11.00
1.285	9.22	9.00
1.295	9.33	9.50
1.305	9.41	7.00
1.315	9.47	6.17
1.335	9.60	6.00
1.355	9.71	5.00
1.375	9.80	4.75
1.395	9.90	3.75
1.415	9.95	3.00
1.435	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3002 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.47 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2011 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00049 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01652 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	8.213
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.470
Total wt% H_2O_2	8.684

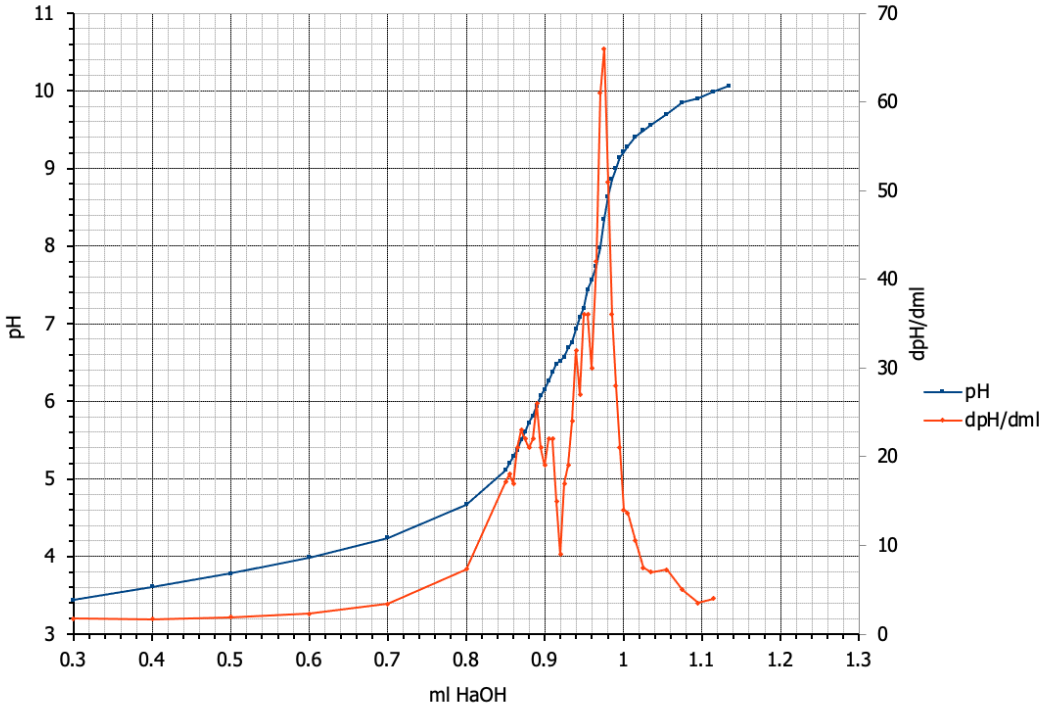
ตารางที่ ซ.47 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.05		0.945	6.02	21.00
0.100	3.21	1.60	0.950	6.14	23.00
0.200	3.37	1.70	0.955	6.25	19.00
0.300	3.55	1.65	0.960	6.33	27.00
0.400	3.70	1.55	0.965	6.52	24.00
0.500	3.86	1.65	0.970	6.57	22.00
0.600	4.03	1.85	0.975	6.74	25.00
0.700	4.23	2.40	0.980	6.82	17.00
0.750	4.36	3.00	0.985	6.91	22.00
0.800	4.53	3.70	0.990	7.04	28.00
0.850	4.73	7.33	0.995	7.19	33.00
0.860	4.81	7.00	1.000	7.37	34.00
0.870	4.87	8.67	1.005	7.53	34.00
0.875	4.92	8.00	1.010	7.71	40.00
0.880	4.95	7.00	1.015	7.93	50.00
0.885	4.99	12.00	1.020	8.21	58.00
0.890	5.07	16.00	1.025	8.51	53.00
0.895	5.15	14.00	1.030	8.74	41.00
0.900	5.21	10.00	1.035	8.92	30.00
0.905	5.25	16.00	1.040	9.04	18.00
0.910	5.37	21.00	1.045	9.10	14.00
0.915	5.46	22.00	1.050	9.18	15.67
0.920	5.59	19.00	1.060	9.33	12.50
0.925	5.65	11.00	1.070	9.43	10.00
0.930	5.70	15.00	1.080	9.53	9.17
0.935	5.80	23.00	1.100	9.68	7.00
0.940	5.93	22.00	1.120	9.81	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3129 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.48 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2047 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	6.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00044 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01504 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	7.346
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.451
Total wt% H_2O_2	7.798

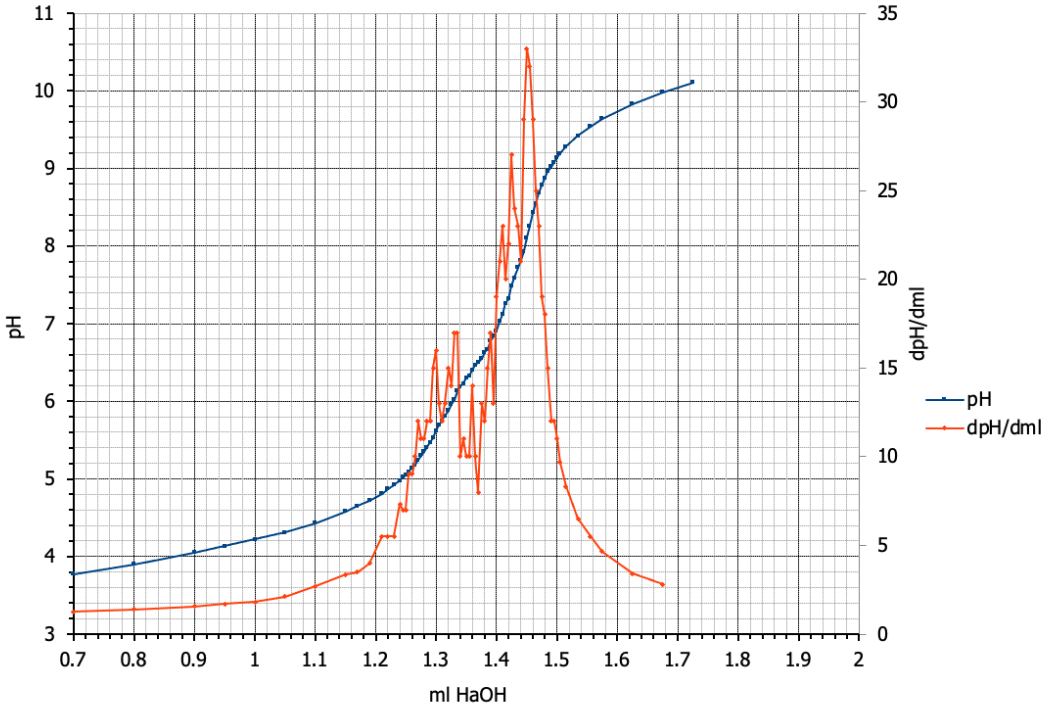
ตารางที่ ซ.48 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.89	
0.100	3.08	1.85
0.200	3.26	1.80
0.300	3.44	1.75
0.400	3.61	1.70
0.500	3.78	1.90
0.600	3.99	2.30
0.700	4.24	3.40
0.800	4.67	7.30
0.850	5.11	17.16
0.855	5.20	18.00
0.860	5.29	17.00
0.865	5.37	21.00
0.870	5.50	23.00
0.875	5.60	22.00
0.880	5.72	21.00
0.885	5.81	22.00
0.890	5.94	26.00
0.895	6.07	21.00
0.900	6.15	19.00
0.905	6.26	22.00
0.910	6.37	22.00
0.915	6.48	15.00
0.920	6.52	9.00
0.925	6.57	17.00
0.930	6.69	19.00
0.935	6.76	24.00
0.940	6.93	32.00
0.945	7.08	27.00
0.950	7.20	36.00
0.955	7.44	36.00
0.960	7.56	30.00
0.965	7.74	42.00
0.970	7.98	61.00
0.975	8.35	66.00
0.980	8.64	51.00
0.985	8.86	36.00
0.990	9.00	28.00
0.995	9.14	21.00
1.000	9.21	14.00
1.005	9.28	13.67
1.015	9.41	10.50
1.025	9.49	7.50
1.035	9.56	7.00
1.055	9.70	7.25
1.075	9.85	5.00
1.095	9.90	3.50
1.115	9.99	4.00
1.135	10.06	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5192 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.49 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2099 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00039 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01331 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	6.342
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.376
Total wt% H_2O_2	6.718

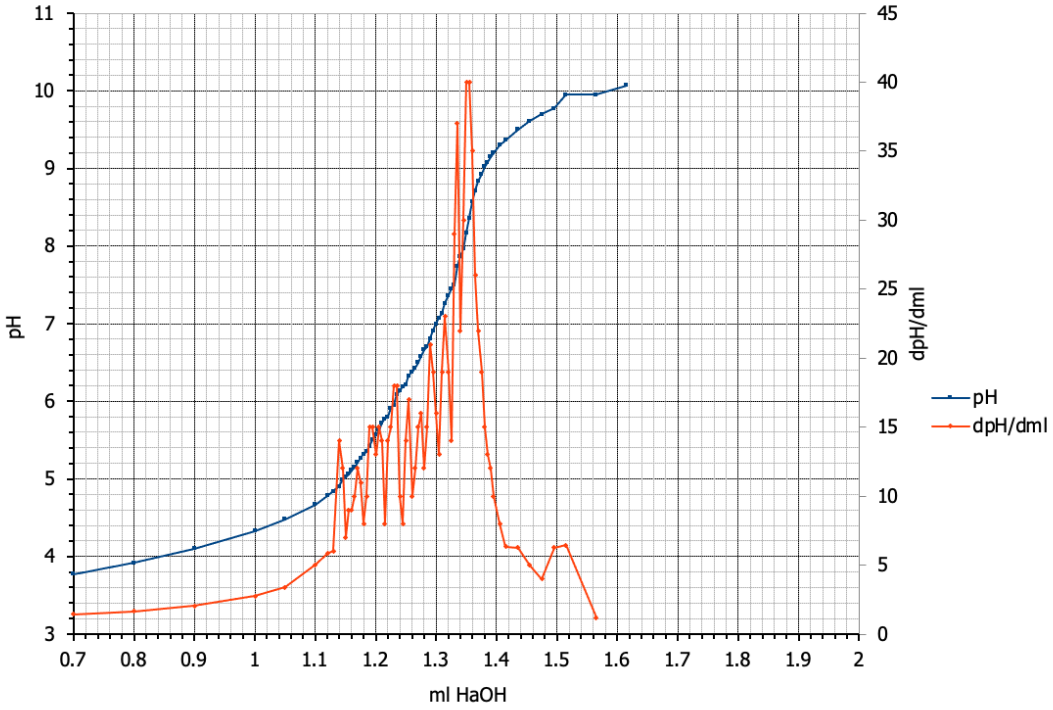
ตารางที่ ซ.49 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.86		1.275	5.30	11.00	1.410	7.12	23.00
0.100	3.00	1.35	1.280	5.35	11.00	1.415	7.26	20.00
0.200	3.13	1.35	1.285	5.41	12.00	1.420	7.32	22.00
0.300	3.27	1.35	1.290	5.47	12.00	1.425	7.48	27.00
0.400	3.40	1.25	1.295	5.53	15.00	1.430	7.59	24.00
0.500	3.52	1.25	1.300	5.62	16.00	1.435	7.72	23.00
0.600	3.65	1.25	1.305	5.69	13.00	1.440	7.82	21.00
0.700	3.77	1.25	1.310	5.75	12.00	1.445	7.93	29.00
0.800	3.90	1.40	1.315	5.81	13.00	1.450	8.11	33.00
0.900	4.05	1.57	1.320	5.88	15.00	1.455	8.26	32.00
0.950	4.13	1.70	1.325	5.96	14.00	1.460	8.43	29.00
1.000	4.22	1.80	1.330	6.02	17.00	1.465	8.55	25.00
1.050	4.31	2.10	1.335	6.13	17.00	1.470	8.68	23.00
1.100	4.43	2.70	1.340	6.19	10.00	1.475	8.78	19.00
1.150	4.58	3.36	1.345	6.23	11.00	1.480	8.87	18.00
1.170	4.65	3.50	1.350	6.30	10.00	1.485	8.96	15.00
1.190	4.72	4.00	1.355	6.33	10.00	1.490	9.02	12.00
1.210	4.81	5.50	1.360	6.40	14.00	1.495	9.08	12.00
1.220	4.87	5.50	1.365	6.47	10.00	1.500	9.14	11.00
1.230	4.92	5.50	1.370	6.50	8.00	1.505	9.19	9.67
1.240	4.98	7.33	1.375	6.55	13.00	1.515	9.28	8.33
1.245	5.02	7.00	1.380	6.63	12.00	1.535	9.42	6.50
1.250	5.05	7.00	1.385	6.67	15.00	1.555	9.54	5.50
1.255	5.09	9.00	1.390	6.78	17.00	1.575	9.64	4.66
1.260	5.14	9.00	1.395	6.84	13.00	1.625	9.83	3.40
1.265	5.18	10.00	1.400	6.91	19.00	1.675	9.98	2.80
1.270	5.24	12.00	1.405	7.03	21.00	1.725	10.11	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 4

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5157 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.50 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 4

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2111 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00038 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01281 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	6.070
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.403
Total wt% H_2O_2	6.472

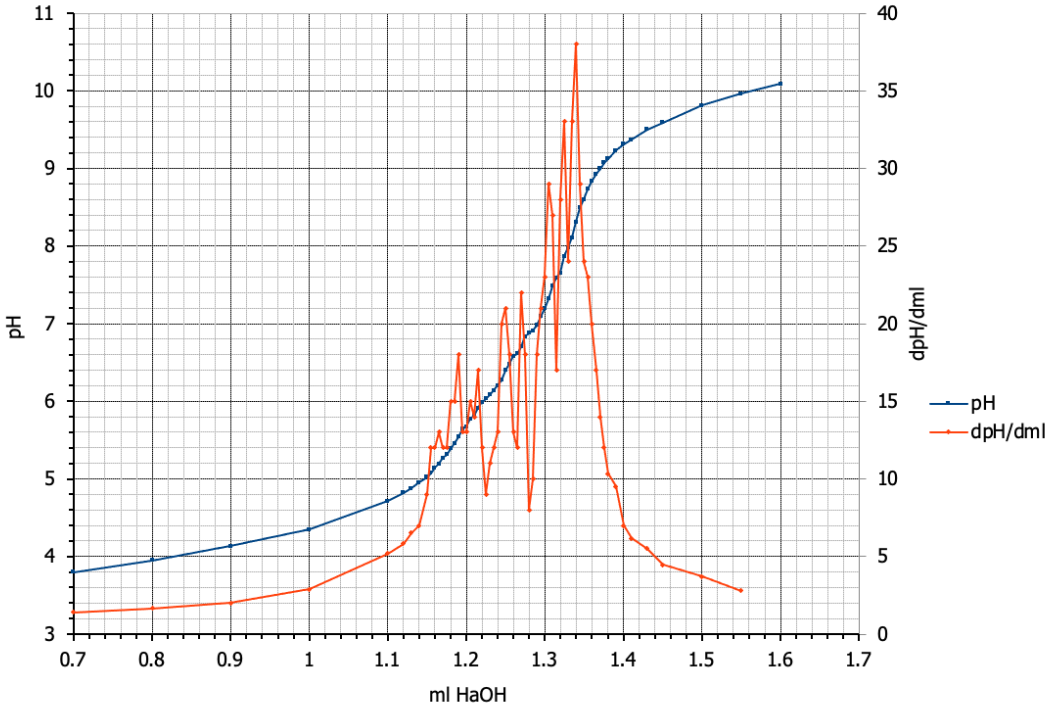
ตารางที่ ซ.50 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 4

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.77	
0.100	2.92	1.50
0.200	3.07	1.50
0.300	3.22	1.45
0.400	3.36	1.35
0.500	3.49	1.35
0.600	3.63	1.40
0.700	3.77	1.45
0.800	3.92	1.65
0.900	4.10	2.05
1.000	4.33	2.77
1.050	4.48	3.40
1.100	4.67	5.01
1.120	4.78	5.83
1.130	4.84	6.00
1.140	4.90	14.00
1.145	4.99	12.00
1.150	5.02	7.00
1.155	5.06	9.00
1.160	5.11	9.00
1.165	5.15	10.00
1.170	5.21	12.00
1.175	5.27	11.00
1.180	5.32	8.00
1.185	5.35	10.00
1.190	5.42	15.00
1.195	5.50	15.00
1.200	5.57	13.00
1.205	5.63	15.00
1.210	5.72	14.00
1.215	5.77	8.00
1.220	5.80	14.00
1.225	5.91	15.00
1.230	5.95	18.00
1.235	6.09	18.00
1.240	6.13	10.00
1.245	6.19	8.00
1.250	6.21	14.00
1.255	6.33	17.00
1.260	6.38	10.00
1.265	6.43	12.00
1.270	6.50	15.00
1.275	6.58	16.00
1.280	6.66	12.00
1.285	6.70	15.00
1.290	6.81	21.00
1.295	6.91	19.00
1.300	7.00	16.00
1.305	7.07	13.00
1.310	7.13	19.00
1.315	7.26	23.00
1.320	7.36	19.00
1.325	7.45	14.00
1.330	7.50	29.00
1.335	7.74	37.00
1.340	7.87	22.00
1.345	7.96	30.00
1.350	8.17	40.00
1.355	8.36	40.00
1.360	8.57	35.00
1.365	8.71	26.00
1.370	8.83	22.00
1.375	8.93	19.00
1.380	9.02	15.00
1.385	9.08	13.00
1.390	9.15	12.00
1.395	9.20	10.00
1.405	9.30	8.00
1.415	9.36	6.33
1.435	9.50	6.25
1.455	9.61	5.00
1.475	9.70	4.00
1.495	9.77	6.25
1.515	9.95	6.43
1.565	9.95	1.20
1.615	10.07	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.6240 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.51 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2126 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	4.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00032 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01076 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.063
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.333
Total wt% H_2O_2	5.395

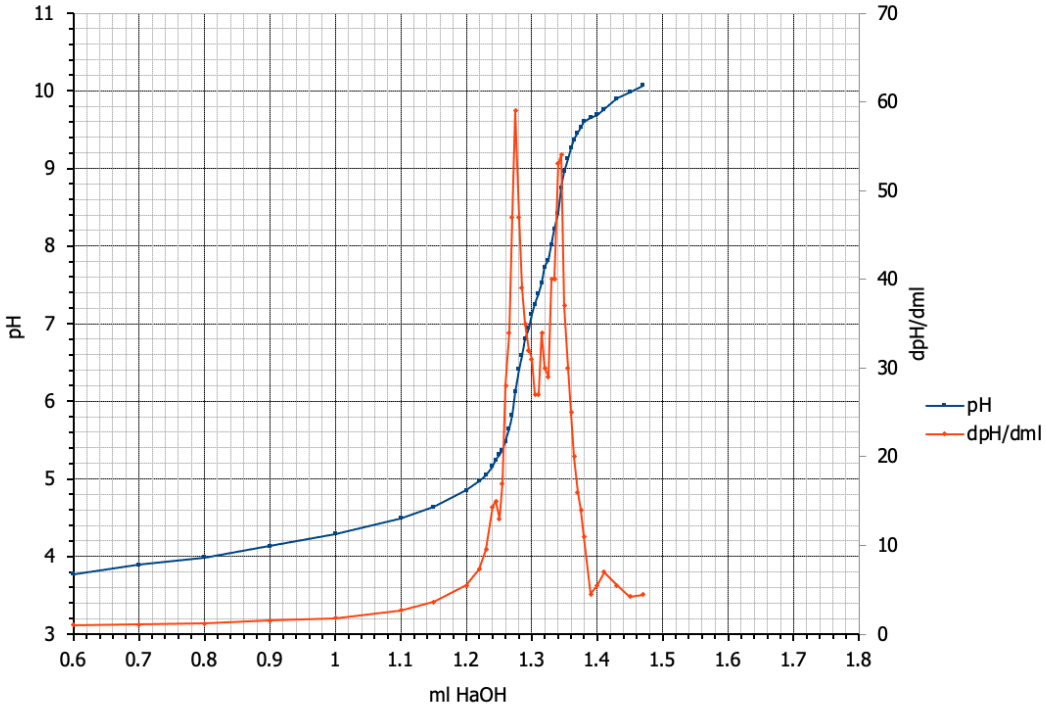
ตารางที่ ซ.51 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.80	
0.100	2.96	1.55
0.200	3.11	1.50
0.300	3.26	1.50
0.400	3.41	1.35
0.500	3.53	1.30
0.600	3.67	1.35
0.700	3.80	1.40
0.800	3.95	1.65
0.900	4.13	2.00
1.000	4.35	2.90
1.100	4.71	5.18
1.120	4.82	5.83
1.130	4.88	6.50
1.140	4.95	7.00
1.150	5.02	9.00
1.155	5.07	12.00
1.160	5.14	12.00
1.165	5.19	13.00
1.170	5.27	12.00
1.175	5.31	12.00
1.180	5.39	15.00
1.185	5.46	15.00
1.190	5.54	18.00
1.195	5.64	13.00
1.200	5.67	13.00
1.205	5.77	15.00
1.210	5.82	14.00
1.215	5.91	17.00
1.220	5.99	12.00
1.225	6.03	9.00
1.230	6.08	11.00
1.235	6.14	12.00
1.240	6.20	13.00
1.245	6.27	20.00
1.250	6.40	21.00
1.255	6.48	18.00
1.260	6.58	13.00
1.265	6.61	12.00
1.270	6.70	22.00
1.275	6.83	18.00
1.280	6.88	8.00
1.285	6.91	10.00
1.290	6.98	18.00
1.295	7.09	21.00
1.300	7.19	23.00
1.305	7.32	29.00
1.310	7.48	27.00
1.315	7.59	17.00
1.320	7.65	28.00
1.325	7.87	33.00
1.330	7.98	24.00
1.335	8.11	33.00
1.340	8.31	38.00
1.345	8.49	29.00
1.350	8.60	24.00
1.355	8.73	23.00
1.360	8.83	20.00
1.365	8.93	17.00
1.370	9.00	14.00
1.375	9.07	12.00
1.380	9.12	10.33
1.390	9.23	9.50
1.400	9.31	7.00
1.410	9.37	6.17
1.430	9.50	5.50
1.450	9.59	4.47
1.500	9.81	3.70
1.550	9.96	2.80
1.600	10.09	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1096 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.52 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2311 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	23.5 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00171 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05827 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.214
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	1.004
Total wt% H_2O_2	26.218

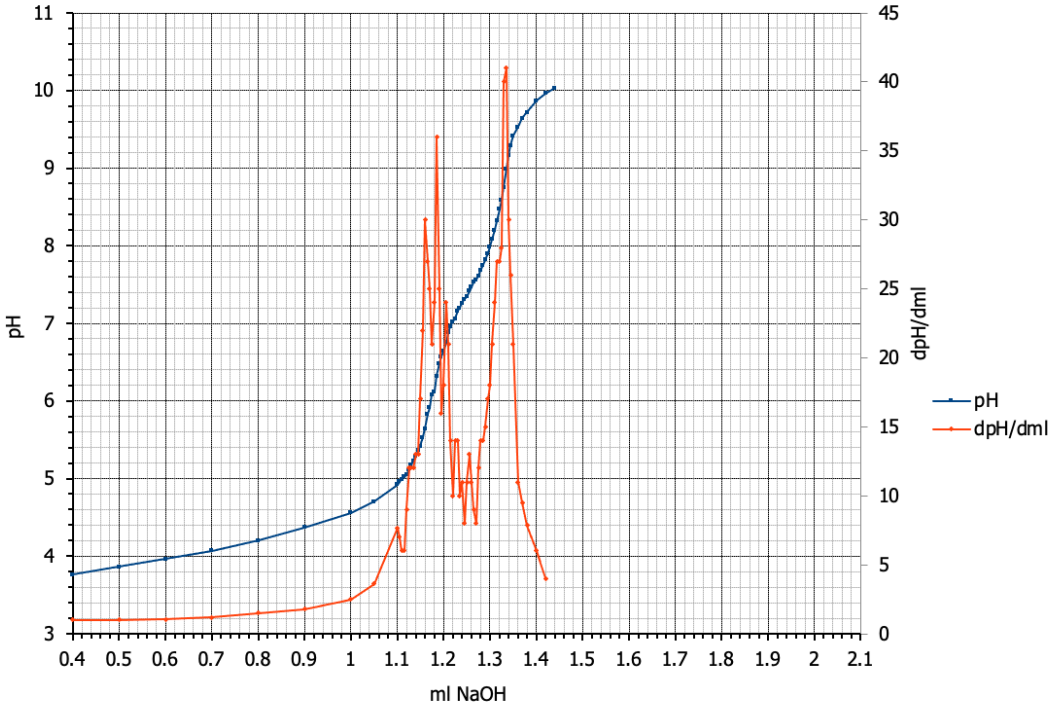
ตารางที่ ซ.52 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.25	
0.100	3.32	0.75
0.200	3.40	0.85
0.300	3.49	0.95
0.400	3.59	0.95
0.500	3.68	0.90
0.600	3.77	1.05
0.700	3.89	1.10
0.800	3.99	1.20
0.900	4.13	1.50
1.000	4.29	1.80
1.100	4.49	2.67
1.150	4.64	3.60
1.200	4.85	5.49
1.220	4.97	7.33
1.230	5.05	9.50
1.240	5.16	14.33
1.245	5.24	15.00
1.250	5.31	13.00
1.255	5.37	17.00
1.260	5.48	28.00
1.265	5.65	34.00
1.270	5.82	47.00
1.275	6.12	59.00
1.280	6.41	47.00
1.285	6.59	39.00
1.290	6.80	35.00
1.295	6.94	32.00
1.300	7.12	31.00
1.305	7.25	27.00
1.310	7.39	27.00
1.315	7.52	34.00
1.320	7.73	30.00
1.325	7.82	29.00
1.330	8.02	40.00
1.335	8.22	40.00
1.340	8.42	53.00
1.345	8.75	54.00
1.350	8.96	37.00
1.355	9.12	30.00
1.360	9.26	25.00
1.365	9.37	20.00
1.370	9.46	16.00
1.375	9.53	14.00
1.380	9.60	11.00
1.390	9.65	4.50
1.400	9.69	5.50
1.410	9.76	7.00
1.430	9.90	5.50
1.450	9.98	4.25
1.470	10.07	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1156 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.53 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2332 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00163 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05554 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.818
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.155
Total wt% H_2O_2	25.972

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

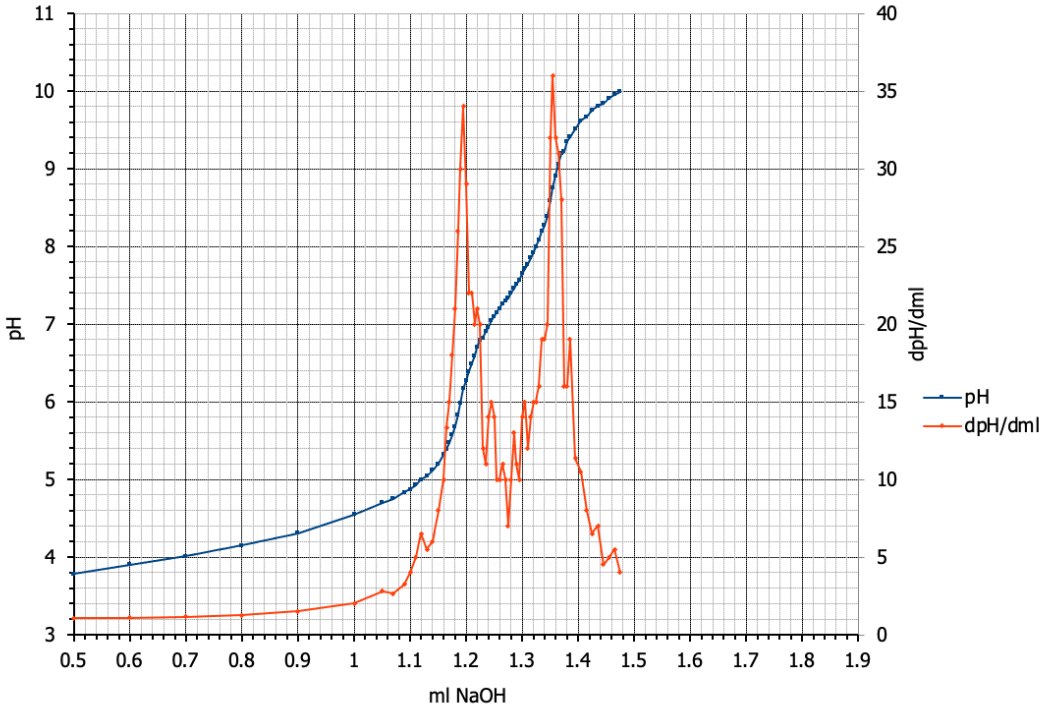
ตารางที่ ซ.53 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.45	
0.100	3.51	0.70
0.200	3.59	0.75
0.300	3.66	0.85
0.400	3.76	1.00
0.500	3.86	1.00
0.600	3.96	1.05
0.700	4.07	1.20
0.800	4.20	1.50
0.900	4.37	1.80
1.000	4.56	2.50
1.050	4.70	3.60
1.100	4.92	7.67
1.105	4.96	7.00
1.110	4.99	6.00
1.115	5.02	6.00
1.120	5.05	9.00
1.125	5.11	12.00
1.130	5.17	12.00
1.135	5.23	12.00
1.140	5.29	13.00
1.145	5.36	13.00
1.150	5.42	17.00
1.155	5.53	22.00
1.160	5.64	30.00
1.165	5.83	27.00
1.170	5.91	25.00
1.175	6.08	21.00
1.180	6.12	24.00
1.185	6.32	36.00
1.190	6.48	25.00
1.195	6.57	16.00
1.200	6.64	18.00
1.205	6.75	24.00
1.210	6.88	21.00
1.215	6.96	14.00
1.220	7.02	10.00
1.225	7.06	14.00
1.230	7.16	14.00
1.235	7.20	10.00
1.240	7.26	11.00
1.245	7.31	8.00
1.250	7.34	11.00
1.255	7.42	13.00
1.260	7.47	11.00
1.265	7.53	9.00
1.270	7.56	8.00
1.275	7.61	12.00
1.280	7.68	14.00
1.285	7.75	14.00
1.290	7.82	15.00
1.295	7.90	17.00
1.300	7.99	18.00
1.305	8.08	21.00
1.310	8.20	24.00
1.315	8.32	27.00
1.320	8.47	27.00
1.325	8.59	28.00
1.330	8.75	40.00
1.335	8.99	41.00
1.340	9.16	30.00
1.345	9.29	26.00
1.350	9.42	21.00
1.360	9.53	11.00
1.370	9.64	9.50
1.380	9.72	7.83
1.400	9.87	6.00
1.420	9.96	4.00
1.440	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1172 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.54 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2174 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00150 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05108 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.496
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.267
Total wt% H_2O_2	25.763

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

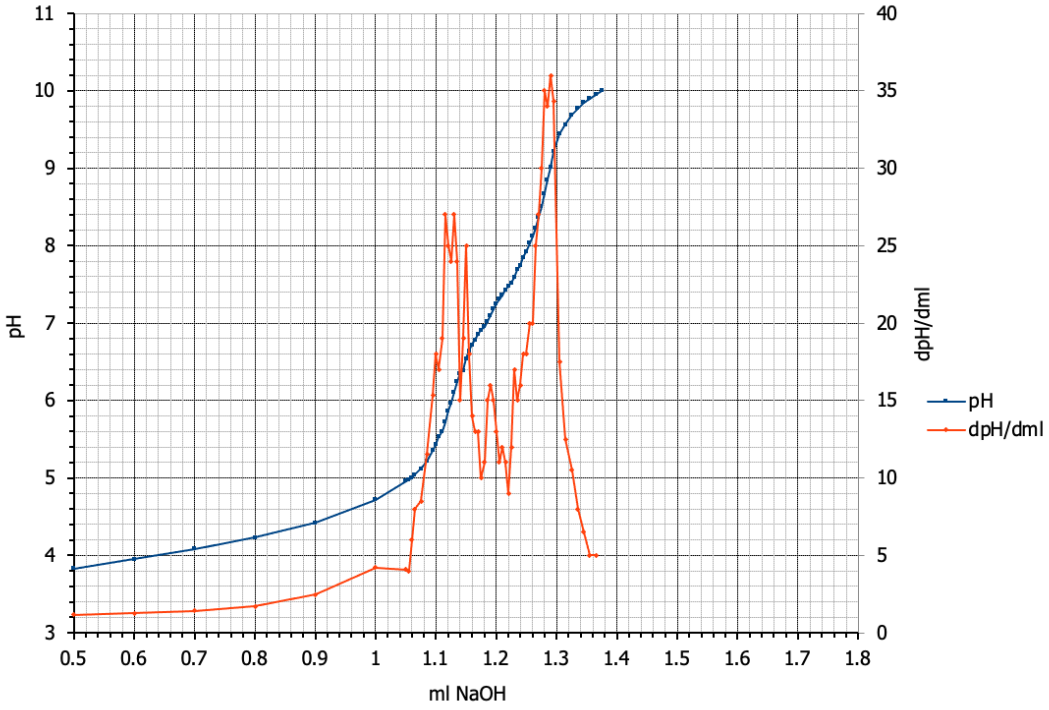
ตารางที่ ซ.54 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.32	
0.100	3.39	0.75
0.200	3.47	0.90
0.300	3.57	1.05
0.400	3.68	1.05
0.500	3.78	1.10
0.600	3.90	1.15
0.700	4.01	1.25
0.800	4.15	1.50
0.900	4.31	2.00
1.000	4.55	2.80
1.050	4.70	2.64
1.070	4.75	3.25
1.090	4.83	4.00
1.100	4.87	5.00
1.110	4.93	6.50
1.120	5.00	5.50
1.130	5.04	6.00
1.140	5.12	8.00
1.150	5.20	10.00
1.160	5.32	13.33
1.165	5.39	15.00
1.170	5.47	18.00
1.175	5.57	21.00
1.180	5.68	26.00
1.185	5.83	30.00
1.190	5.98	34.00
1.195	6.17	29.00
1.200	6.27	22.00
1.205	6.39	22.00
1.210	6.49	20.00
1.215	6.59	21.00
1.220	6.70	20.00
1.225	6.79	12.00
1.230	6.82	11.00
1.235	6.90	14.00
1.240	6.96	15.00
1.245	7.05	14.00
1.250	7.10	10.00
1.255	7.15	10.00
1.260	7.20	11.00
1.265	7.26	10.00
1.270	7.30	7.00
1.275	7.33	10.00
1.280	7.40	13.00
1.285	7.46	11.00
1.290	7.51	10.00
1.295	7.56	14.00
1.300	7.65	15.00
1.305	7.71	12.00
1.310	7.77	14.00
1.315	7.85	15.00
1.320	7.92	15.00
1.325	8.00	16.00
1.330	8.08	19.00
1.335	8.19	19.00
1.340	8.27	20.00
1.345	8.39	32.00
1.350	8.59	36.00
1.355	8.75	32.00
1.360	8.91	31.00
1.365	9.06	28.00
1.370	9.19	16.00
1.375	9.22	16.00
1.380	9.35	19.00
1.385	9.41	11.33
1.395	9.51	10.50
1.405	9.62	8.00
1.415	9.67	6.50
1.425	9.75	7.00
1.435	9.81	4.50
1.445	9.84	5.00
1.455	9.91	5.50
1.465	9.95	4.00
1.475	9.99	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1115 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.55 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2236 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00139 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04736 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	21.181
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.234
Total wt% H_2O_2	23.415

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

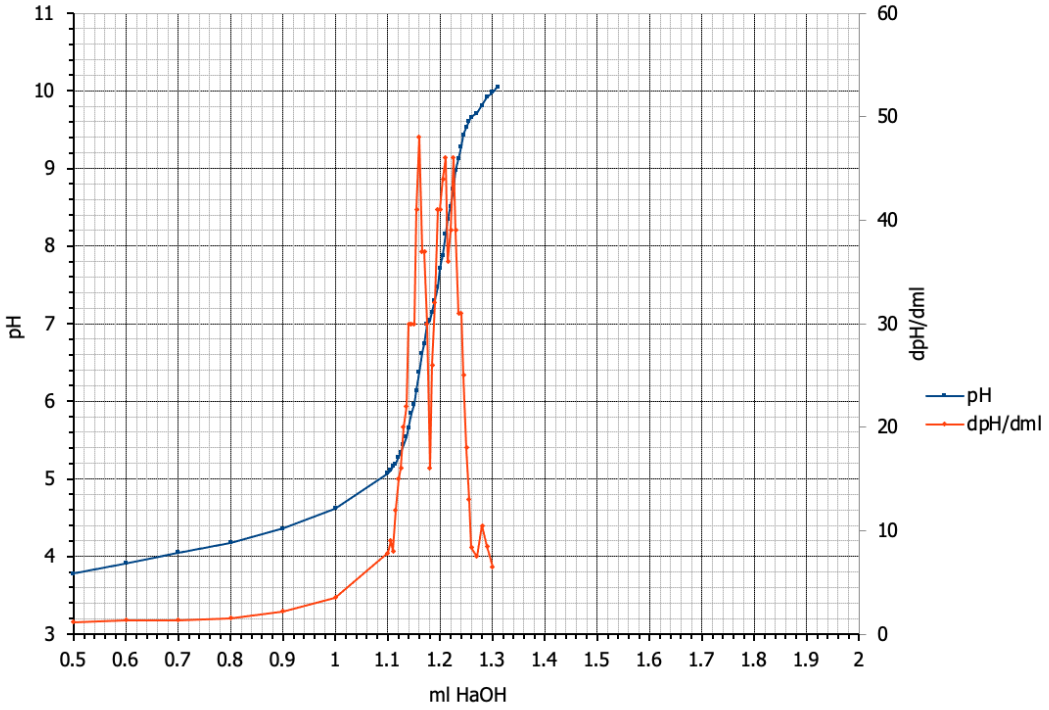
ตารางที่ ซ.55 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.36	
0.100	3.43	0.80
0.200	3.52	0.95
0.300	3.62	1.00
0.400	3.72	1.05
0.500	3.83	1.15
0.600	3.95	1.25
0.700	4.08	1.40
0.800	4.23	1.70
0.900	4.42	2.45
1.000	4.72	4.20
1.050	4.96	4.07
1.055	4.98	4.00
1.060	5.00	6.00
1.065	5.04	8.00
1.075	5.12	8.50
1.085	5.21	11.50
1.095	5.35	15.33
1.100	5.43	18.00
1.105	5.53	17.00
1.110	5.60	19.00
1.115	5.72	27.00
1.120	5.87	25.00
1.125	5.97	24.00
1.130	6.11	27.00
1.135	6.24	24.00
1.140	6.35	15.00
1.145	6.39	19.00
1.150	6.54	25.00
1.155	6.64	18.00
1.160	6.72	14.00
1.165	6.78	13.00
1.170	6.85	13.00
1.175	6.91	10.00
1.180	6.95	11.00
1.185	7.02	15.00
1.190	7.10	16.00
1.195	7.18	15.00
1.200	7.25	13.00
1.205	7.31	11.00
1.210	7.36	12.00
1.215	7.43	11.00
1.220	7.47	9.00
1.225	7.52	12.00
1.230	7.59	17.00
1.235	7.69	15.00
1.240	7.74	16.00
1.245	7.85	18.00
1.250	7.92	18.00
1.255	8.03	20.00
1.260	8.12	20.00
1.265	8.23	25.00
1.270	8.37	27.00
1.275	8.50	30.00
1.280	8.67	35.00
1.285	8.85	34.00
1.290	9.01	36.00
1.295	9.21	34.33
1.305	9.44	17.50
1.315	9.56	12.50
1.325	9.69	10.50
1.335	9.77	8.00
1.345	9.85	6.50
1.355	9.90	5.00
1.365	9.95	5.00
1.375	10.00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2634 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.56 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2044 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	7.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00052 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01760 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	8.613
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.410
Total wt% H_2O_2	9.023

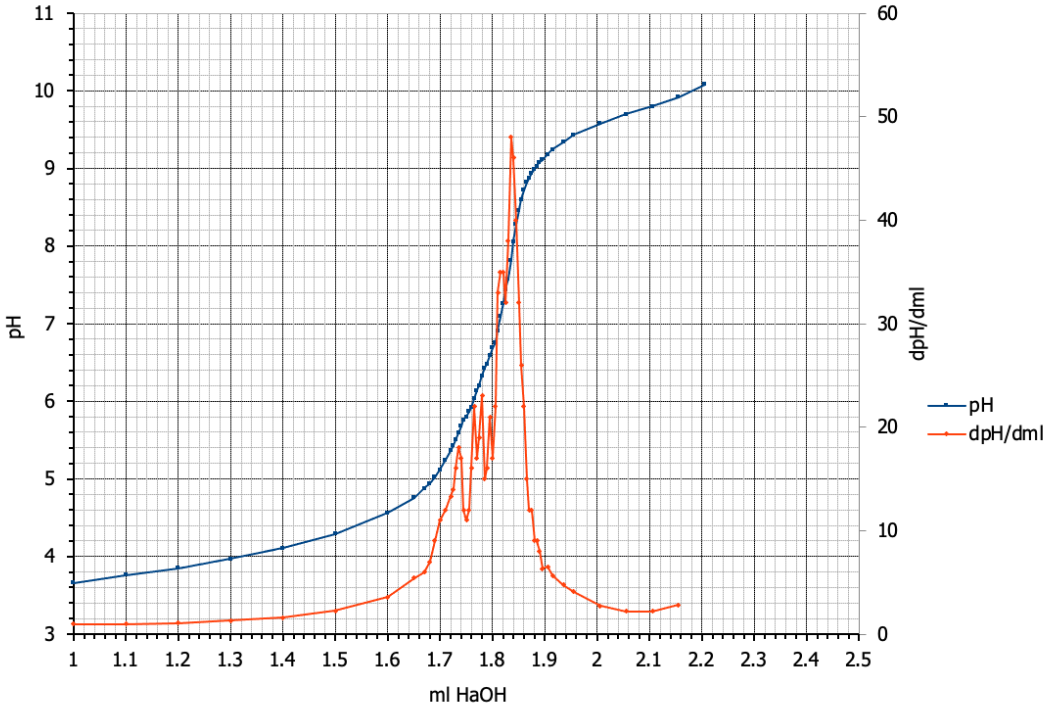
ตารางที่ ซ.56 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.28	
0.100	3.35	0.90
0.200	3.46	1.10
0.300	3.57	1.10
0.400	3.68	1.05
0.500	3.78	1.15
0.600	3.91	1.35
0.700	4.05	1.35
0.800	4.18	1.55
0.900	4.36	2.20
1.000	4.62	3.55
1.100	5.07	7.83
1.105	5.11	9.00
1.110	5.16	8.00
1.115	5.19	12.00
1.120	5.28	15.00
1.125	5.34	16.00
1.130	5.44	20.00
1.135	5.54	22.00
1.140	5.66	30.00
1.145	5.84	30.00
1.150	5.96	30.00
1.155	6.14	41.00
1.160	6.37	48.00
1.165	6.62	37.00
1.170	6.74	37.00
1.175	6.99	30.00
1.180	7.04	16.00
1.185	7.15	26.00
1.190	7.30	32.00
1.195	7.47	41.00
1.200	7.71	41.00
1.205	7.88	44.00
1.210	8.15	46.00
1.215	8.34	36.00
1.220	8.51	39.00
1.225	8.73	46.00
1.230	8.97	39.00
1.235	9.12	31.00
1.240	9.28	31.00
1.245	9.43	25.00
1.250	9.53	18.00
1.255	9.61	13.00
1.260	9.66	8.33
1.270	9.71	7.50
1.280	9.81	10.50
1.290	9.92	8.50
1.300	9.98	6.50
1.310	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 5

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5044 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.57 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 5

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2065 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00039 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01314 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	6.364
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.181
Total wt% H_2O_2	6.545

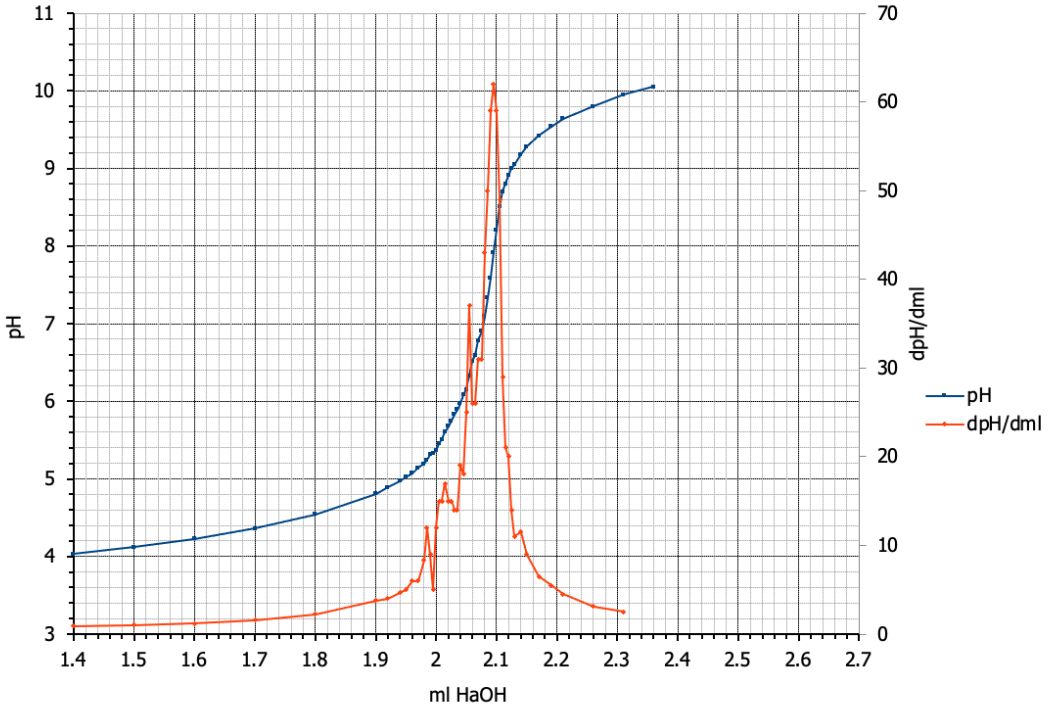
ตารางที่ ซ.57 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 5

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.88	
0.100	2.93	0.55
0.200	2.99	0.70
0.300	3.07	0.80
0.400	3.15	0.85
0.500	3.24	0.85
0.600	3.32	0.80
0.700	3.40	0.85
0.800	3.49	0.85
0.900	3.57	0.85
1.000	3.66	0.95
1.100	3.76	0.95
1.200	3.85	1.05
1.300	3.97	1.30
1.400	4.11	1.60
1.500	4.29	2.25
1.600	4.56	3.57
1.650	4.76	5.43
1.670	4.88	6.00
1.680	4.94	7.00
1.690	5.02	9.00
1.700	5.12	11.00
1.710	5.24	12.00
1.720	5.36	13.33
1.725	5.43	14.00
1.730	5.50	16.00
1.735	5.59	18.00
1.740	5.68	17.00
1.745	5.76	12.00
1.750	5.80	11.00
1.755	5.87	12.00
1.760	5.92	16.00
1.765	6.03	22.00
1.770	6.14	17.00
1.775	6.20	19.00
1.780	6.33	23.00
1.785	6.43	15.00
1.790	6.48	16.00
1.795	6.59	21.00
1.800	6.69	17.00
1.805	6.76	22.00
1.810	6.91	33.00
1.815	7.09	35.00
1.820	7.26	35.00
1.825	7.44	32.00
1.830	7.58	38.00
1.835	7.82	48.00
1.840	8.06	46.00
1.845	8.28	40.00
1.850	8.46	32.00
1.855	8.60	26.00
1.860	8.72	22.00
1.865	8.82	15.00
1.870	8.87	12.00
1.875	8.94	12.00
1.880	8.99	9.00
1.885	9.03	9.00
1.890	9.08	8.00
1.895	9.11	6.33
1.905	9.18	6.50
1.915	9.24	5.67
1.935	9.34	4.75
1.955	9.43	4.07
2.005	9.58	2.70
2.055	9.70	2.20
2.105	9.80	2.20
2.155	9.92	2.80
2.205	10.08	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.6118 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.58 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2096 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02916 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00036 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01234 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.915
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.109
Total wt% H_2O_2	6.024

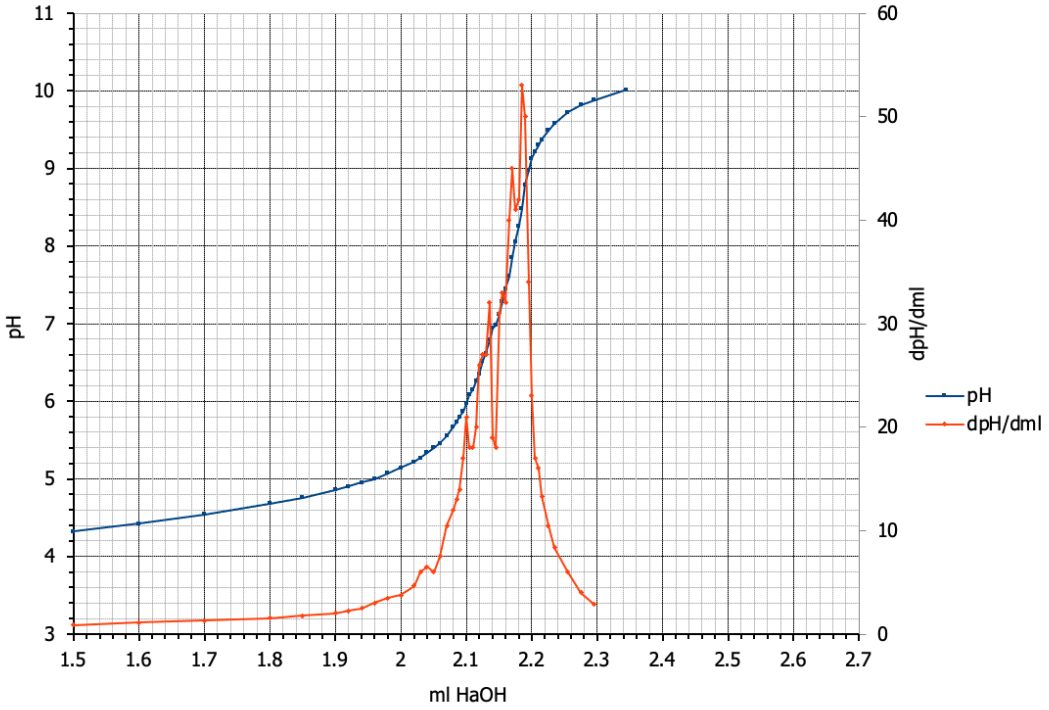
ตารางที่ ซ.58 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.92	
0.100	2.99	0.75
0.200	3.07	0.85
0.300	3.16	0.90
0.400	3.25	0.80
0.500	3.32	0.80
0.600	3.41	0.80
0.700	3.48	0.70
0.800	3.55	0.75
0.900	3.63	0.75
1.000	3.70	0.75
1.100	3.78	0.80
1.200	3.86	0.80
1.300	3.94	0.85
1.400	4.03	0.90
1.500	4.12	1.00
1.600	4.23	1.20
1.700	4.36	1.55
1.800	4.54	2.25
1.900	4.81	3.78
1.920	4.89	4.00
1.940	4.97	4.67
1.950	5.02	5.00
1.960	5.07	6.00
1.970	5.14	6.00
1.980	5.19	8.33
1.985	5.24	12.00
1.990	5.31	9.00
1.995	5.33	5.00
2.000	5.36	12.00
2.005	5.45	15.00
2.010	5.51	15.00
2.015	5.60	17.00
2.020	5.68	15.00
2.025	5.75	15.00
2.030	5.83	14.00
2.035	5.89	14.00
2.040	5.97	19.00
2.045	6.08	18.00
2.050	6.15	25.00
2.055	6.33	37.00
2.060	6.52	26.00
2.065	6.59	26.00
2.070	6.78	31.00
2.075	6.90	31.00
2.080	7.09	43.00
2.085	7.33	50.00
2.090	7.59	59.00
2.095	7.92	62.00
2.100	8.21	59.00
2.105	8.51	49.00
2.110	8.70	29.00
2.115	8.80	21.00
2.120	8.91	20.00
2.125	9.00	14.00
2.130	9.05	11.00
2.140	9.18	11.50
2.150	9.28	9.00
2.170	9.42	6.50
2.190	9.54	5.50
2.210	9.64	4.49
2.260	9.80	3.10
2.310	9.95	2.50
2.360	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไนตริก (1:4) 1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.6578 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4622 M



ภาพที่ ซ.59 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2116 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	4.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02991 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00034 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01170 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.529
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.126
Total wt% H_2O_2	5.656

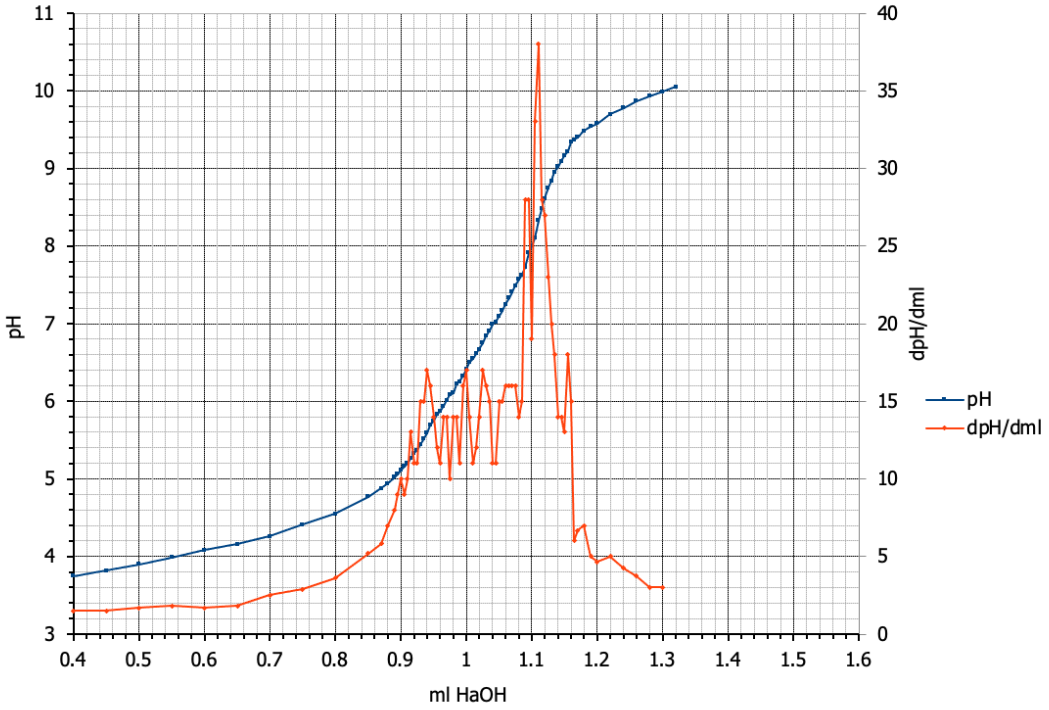
ตารางที่ ซ.59 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.14	
0.100	3.21	0.70
0.200	3.28	0.80
0.300	3.37	0.90
0.400	3.46	0.85
0.500	3.54	0.80
0.600	3.62	0.80
0.700	3.70	0.80
0.800	3.78	0.80
0.900	3.86	0.75
1.000	3.93	0.75
1.100	4.01	0.75
1.200	4.08	0.70
1.300	4.15	0.80
1.400	4.24	0.85
1.500	4.32	0.90
1.600	4.42	1.10
1.700	4.54	1.30
1.800	4.68	1.53
1.850	4.76	1.80
1.900	4.86	2.00
1.920	4.90	2.25
1.940	4.95	2.50
1.960	5.00	3.00
1.980	5.07	3.50
2.000	5.14	3.75
2.020	5.22	4.67
2.030	5.27	6.00
2.040	5.34	6.50
2.050	5.40	6.00
2.060	5.46	7.50
2.070	5.55	10.50
2.080	5.67	12.00
2.085	5.73	13.00
2.090	5.80	14.00
2.095	5.87	17.00
2.100	5.97	21.00
2.105	6.08	18.00
2.110	6.15	18.00
2.115	6.26	20.00
2.120	6.35	26.00
2.125	6.52	27.00
2.130	6.62	27.00
2.135	6.79	32.00
2.140	6.94	19.00
2.145	6.98	18.00
2.150	7.12	31.00
2.155	7.29	33.00
2.160	7.45	32.00
2.165	7.61	40.00
2.170	7.85	45.00
2.175	8.06	41.00
2.180	8.26	42.00
2.185	8.48	53.00
2.190	8.79	50.00
2.195	8.98	34.00
2.200	9.13	23.00
2.205	9.21	17.00
2.210	9.30	16.00
2.215	9.37	13.33
2.225	9.49	10.50
2.235	9.58	8.33
2.255	9.72	6.00
2.275	9.82	4.00
2.295	9.88	2.89
2.345	10.01	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1131 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.60 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2314 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	24.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00174 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05917 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	25.569
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.496
Total wt% H_2O_2	28.065

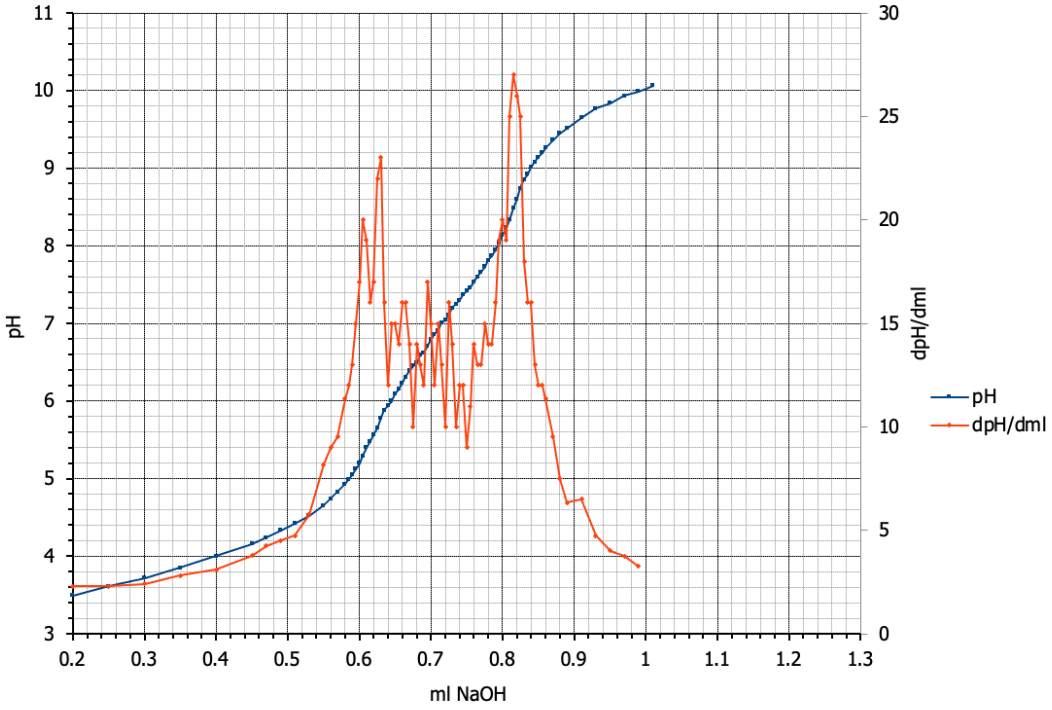
ตารางที่ ซ.60 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.14		0.925	5.37	11.00	1.060	7.25	16.00
0.050	3.21	1.40	0.930	5.44	15.00	1.065	7.33	16.00
0.100	3.28	1.60	0.935	5.52	15.00	1.070	7.41	16.00
0.150	3.37	1.70	0.940	5.59	17.00	1.075	7.49	16.00
0.200	3.45	1.50	0.945	5.69	16.00	1.080	7.57	14.00
0.250	3.52	1.70	0.950	5.75	14.00	1.085	7.63	15.00
0.300	3.62	1.50	0.955	5.83	12.00	1.090	7.72	28.00
0.350	3.67	1.30	0.960	5.87	11.00	1.095	7.91	28.00
0.400	3.75	1.50	0.965	5.94	14.00	1.100	8.00	19.00
0.450	3.82	1.50	0.970	6.01	14.00	1.105	8.10	33.00
0.500	3.90	1.70	0.975	6.08	10.00	1.110	8.33	38.00
0.550	3.99	1.80	0.980	6.11	14.00	1.115	8.48	28.00
0.600	4.08	1.70	0.985	6.22	14.00	1.120	8.61	27.00
0.650	4.16	1.80	0.990	6.25	11.00	1.125	8.75	23.00
0.700	4.26	2.50	0.995	6.33	16.00	1.130	8.84	20.00
0.750	4.41	2.90	1.000	6.41	17.00	1.135	8.95	18.00
0.800	4.55	3.60	1.005	6.50	14.00	1.140	9.02	14.00
0.850	4.77	5.19	1.010	6.55	11.00	1.145	9.09	14.00
0.870	4.88	5.83	1.015	6.61	12.00	1.150	9.16	13.00
0.880	4.94	7.00	1.020	6.67	14.00	1.155	9.22	18.00
0.890	5.02	8.00	1.025	6.75	17.00	1.160	9.34	15.00
0.895	5.06	9.00	1.030	6.84	16.00	1.165	9.37	6.00
0.900	5.11	10.00	1.035	6.91	15.00	1.170	9.40	6.67
0.905	5.16	9.00	1.040	6.99	11.00	1.180	9.48	7.00
0.910	5.20	10.00	1.045	7.02	11.00	1.190	9.54	5.00
0.915	5.26	13.00	1.050	7.10	15.00	1.200	9.58	4.67
0.920	5.33	11.00	1.055	7.17	15.00	1.220	9.70	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.0837 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.61 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1695 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.7 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00121 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04117 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.289
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.670
Total wt% H_2O_2	27.959

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

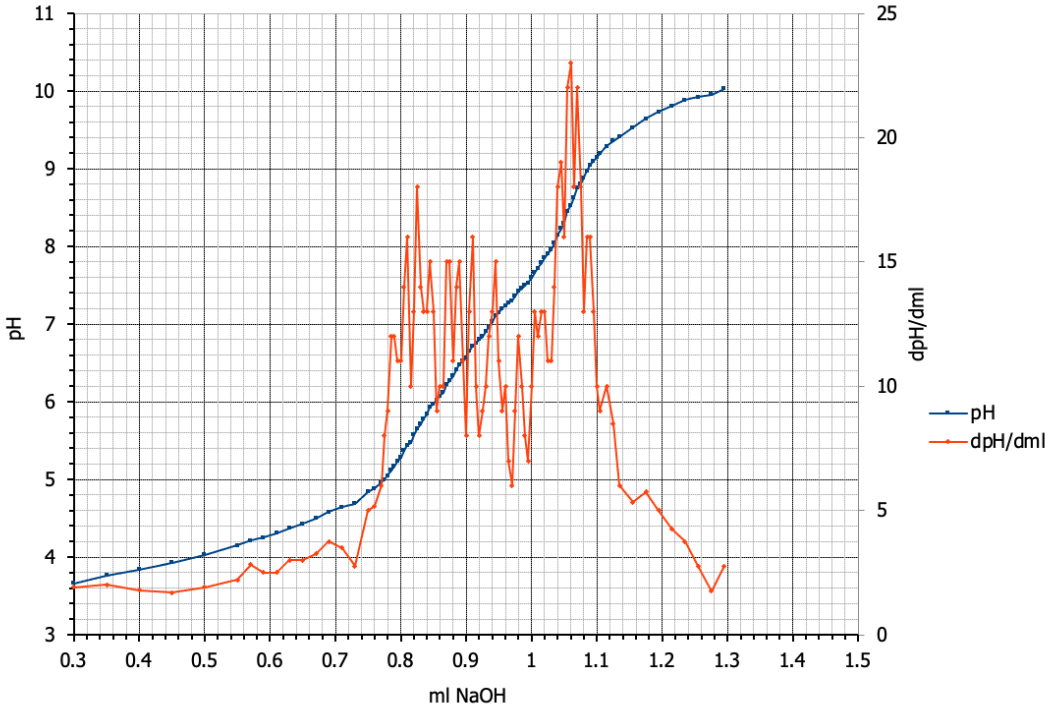
ตารางที่ ซ.61 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.01		0.630	5.78	23.00	0.765	7.60	13.00
0.050	3.12	2.30	0.635	5.88	16.00	0.770	7.66	13.00
0.100	3.24	2.60	0.640	5.94	12.00	0.775	7.73	15.00
0.150	3.38	2.50	0.645	6.00	15.00	0.780	7.81	14.00
0.200	3.49	2.30	0.650	6.09	15.00	0.785	7.87	14.00
0.250	3.61	2.30	0.655	6.15	14.00	0.790	7.95	16.00
0.300	3.72	2.40	0.660	6.23	16.00	0.795	8.03	19.00
0.350	3.85	2.80	0.665	6.31	16.00	0.800	8.14	20.00
0.400	4.00	3.10	0.670	6.39	14.00	0.805	8.23	19.00
0.450	4.16	3.77	0.675	6.45	10.00	0.810	8.33	25.00
0.470	4.24	4.25	0.680	6.49	14.00	0.815	8.48	27.00
0.490	4.33	4.50	0.685	6.59	13.00	0.820	8.60	26.00
0.510	4.42	4.75	0.690	6.62	12.00	0.825	8.74	25.00
0.530	4.52	5.75	0.695	6.71	17.00	0.830	8.85	18.00
0.550	4.65	8.17	0.700	6.79	15.00	0.835	8.92	16.00
0.560	4.74	9.00	0.705	6.86	12.00	0.840	9.01	16.00
0.570	4.83	9.50	0.710	6.91	15.00	0.845	9.08	13.00
0.580	4.93	11.33	0.715	7.01	13.00	0.850	9.14	12.00
0.585	4.99	12.00	0.720	7.04	10.00	0.855	9.20	12.00
0.590	5.05	13.00	0.725	7.11	16.00	0.860	9.26	11.33
0.595	5.12	15.00	0.730	7.20	14.00	0.870	9.36	9.50
0.600	5.20	17.00	0.735	7.25	10.00	0.880	9.45	7.50
0.605	5.29	20.00	0.740	7.30	12.00	0.890	9.51	6.33
0.610	5.40	19.00	0.745	7.37	12.00	0.910	9.65	6.50
0.615	5.48	16.00	0.750	7.42	9.00	0.930	9.77	4.75
0.620	5.56	17.00	0.755	7.46	11.00	0.950	9.84	4.00
0.625	5.65	22.00	0.760	7.53	14.00	0.970	9.93	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1087 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.62 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1980 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.001406 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04783 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.155
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.590
Total wt% H_2O_2	27.745

ตารางที่ ซ.62 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.11		0.790	5.17	11.00
0.050	3.19	1.80	0.795	5.23	11.00
0.100	3.29	1.90	0.800	5.28	14.00
0.150	3.38	1.80	0.805	5.37	16.00
0.200	3.47	1.80	0.810	5.44	10.00
0.250	3.56	1.90	0.815	5.47	13.00
0.300	3.66	2.00	0.820	5.57	18.00
0.350	3.76	1.80	0.825	5.65	14.00
0.400	3.84	1.70	0.830	5.71	13.00
0.450	3.93	1.90	0.835	5.78	13.00
0.500	4.03	2.20	0.840	5.84	15.00
0.550	4.15	2.83	0.845	5.93	13.00
0.570	4.21	2.50	0.850	5.97	9.00
0.590	4.25	2.50	0.855	6.02	10.00
0.610	4.31	3.00	0.860	6.07	10.00
0.630	4.37	3.00	0.865	6.12	15.00
0.650	4.43	3.25	0.870	6.22	15.00
0.670	4.50	3.75	0.875	6.27	11.00
0.690	4.58	3.50	0.880	6.33	14.00
0.710	4.64	2.75	0.885	6.41	15.00
0.730	4.69	5.00	0.890	6.48	11.00
0.750	4.84	5.17	0.895	6.52	8.00
0.760	4.88	6.00	0.900	6.56	13.00
0.770	4.96	8.00	0.905	6.65	16.00
0.775	5.00	9.00	0.910	6.72	10.00
0.780	5.05	12.00	0.915	6.75	8.00
0.785	5.12	12.00	0.920	6.80	9.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

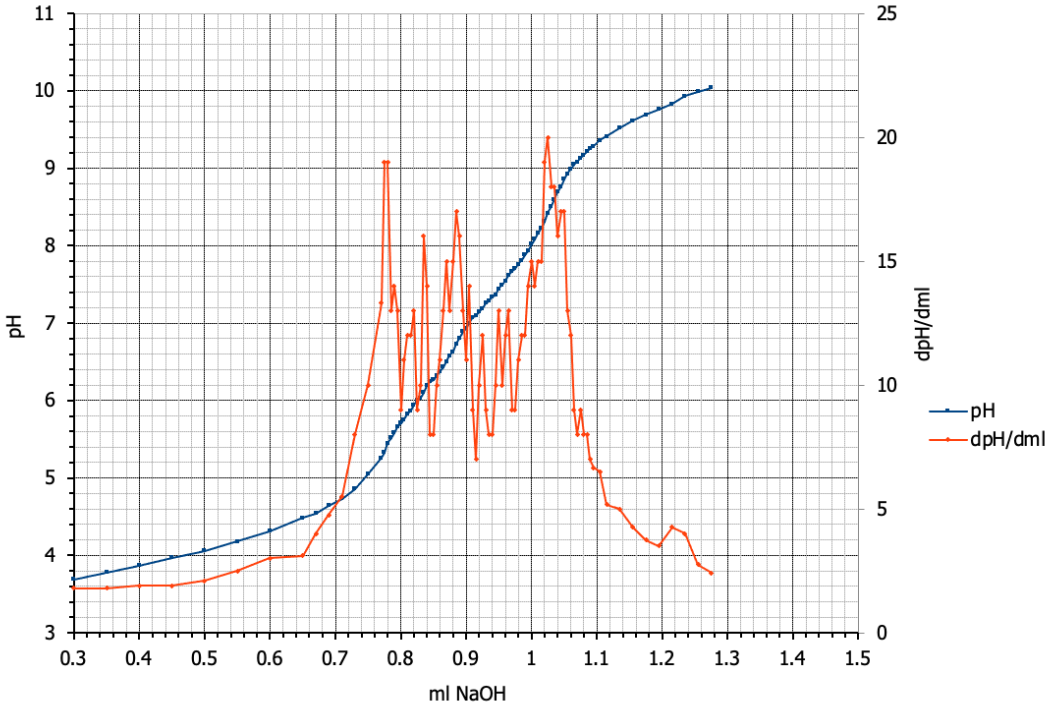
ml	pH	dpH/dml
0.925	6.84	10.00
0.930	6.90	12.00
0.935	6.96	13.00
0.940	7.03	15.00
0.945	7.11	11.00
0.950	7.14	9.00
0.955	7.20	10.00
0.960	7.24	7.00
0.965	7.27	6.00
0.970	7.30	9.00
0.975	7.36	12.00
0.980	7.42	10.00
0.985	7.46	8.00
0.990	7.50	7.00
0.995	7.53	10.00
1.000	7.60	13.00
1.005	7.66	12.00
1.010	7.72	13.00
1.015	7.79	13.00
1.020	7.85	11.00
1.025	7.90	11.00
1.030	7.96	14.00
1.035	8.04	18.00
1.040	8.14	19.00
1.045	8.23	16.00
1.050	8.30	22.00
1.055	8.45	23.00

ml	pH	dpH/dml
1.060	8.53	18.00
1.065	8.63	22.00
1.070	8.75	18.00
1.075	8.81	13.00
1.080	8.88	16.00
1.085	8.97	16.00
1.090	9.04	13.00
1.095	9.10	10.00
1.100	9.14	9.00
1.105	9.19	10.00
1.115	9.29	8.50
1.125	9.36	6.00
1.135	9.41	5.33
1.155	9.53	5.75
1.175	9.64	5.00
1.195	9.73	4.25
1.215	9.81	3.75
1.235	9.88	2.75
1.255	9.92	1.75
1.275	9.95	2.75
1.295	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1102 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.63 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2153 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	20.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00146 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04980 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.130
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.863
Total wt% H_2O_2	25.993

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

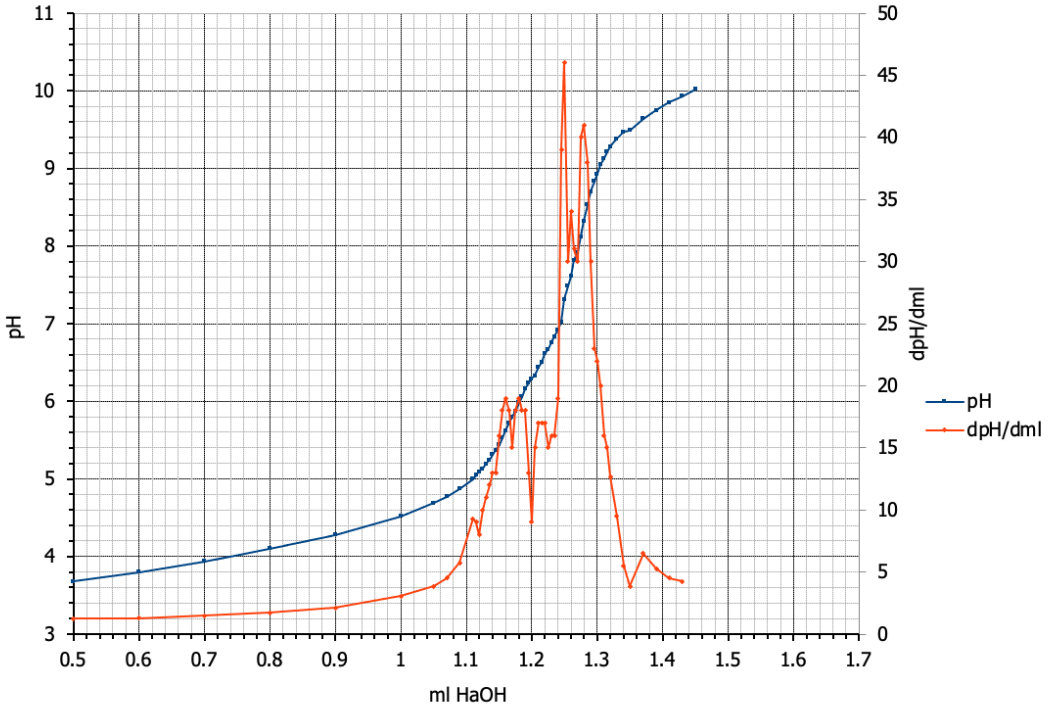
ตารางที่ ซ.63 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.15		0.810	5.82	12.00	0.945	7.36	10.00
0.050	3.24	1.80	0.815	5.87	12.00	0.950	7.44	13.00
0.100	3.33	1.80	0.820	5.94	13.00	0.955	7.49	10.00
0.150	3.42	1.90	0.825	6.00	9.00	0.960	7.54	12.00
0.200	3.52	1.80	0.830	6.03	10.00	0.965	7.61	13.00
0.250	3.60	1.70	0.835	6.10	16.00	0.970	7.67	9.00
0.300	3.69	1.80	0.840	6.19	14.00	0.975	7.70	9.00
0.350	3.78	1.80	0.845	6.24	8.00	0.980	7.76	11.00
0.400	3.87	1.90	0.850	6.27	8.00	0.985	7.81	12.00
0.450	3.97	1.90	0.855	6.32	10.00	0.990	7.88	12.00
0.500	4.06	2.10	0.860	6.37	11.00	0.995	7.93	14.00
0.550	4.18	2.50	0.865	6.43	13.00	1.000	8.02	15.00
0.600	4.31	3.00	0.870	6.50	15.00	1.005	8.08	14.00
0.650	4.48	3.11	0.875	6.58	13.00	1.010	8.16	15.00
0.670	4.54	4.00	0.880	6.63	15.00	1.015	8.23	15.00
0.690	4.64	4.75	0.885	6.73	17.00	1.020	8.31	19.00
0.710	4.73	5.50	0.890	6.80	16.00	1.025	8.42	20.00
0.730	4.86	8.00	0.895	6.89	13.00	1.030	8.51	18.00
0.750	5.05	10.00	0.900	6.93	11.00	1.035	8.60	18.00
0.770	5.26	13.30	0.905	7.00	14.00	1.040	8.69	16.00
0.775	5.33	19.00	0.910	7.07	9.00	1.045	8.76	17.00
0.780	5.45	19.00	0.915	7.09	7.00	1.050	8.86	17.00
0.785	5.52	13.00	0.920	7.14	10.00	1.055	8.93	13.00
0.790	5.58	14.00	0.925	7.19	12.00	1.060	8.99	12.00
0.795	5.66	13.00	0.930	7.26	9.00	1.065	9.05	9.00
0.800	5.71	9.00	0.935	7.28	8.00	1.070	9.08	8.00
0.805	5.75	11.00	0.940	7.34	8.00	1.075	9.13	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3157 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.64 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2073 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	5.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00037 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01257 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	6.065
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.631
Total wt% H_2O_2	6.696

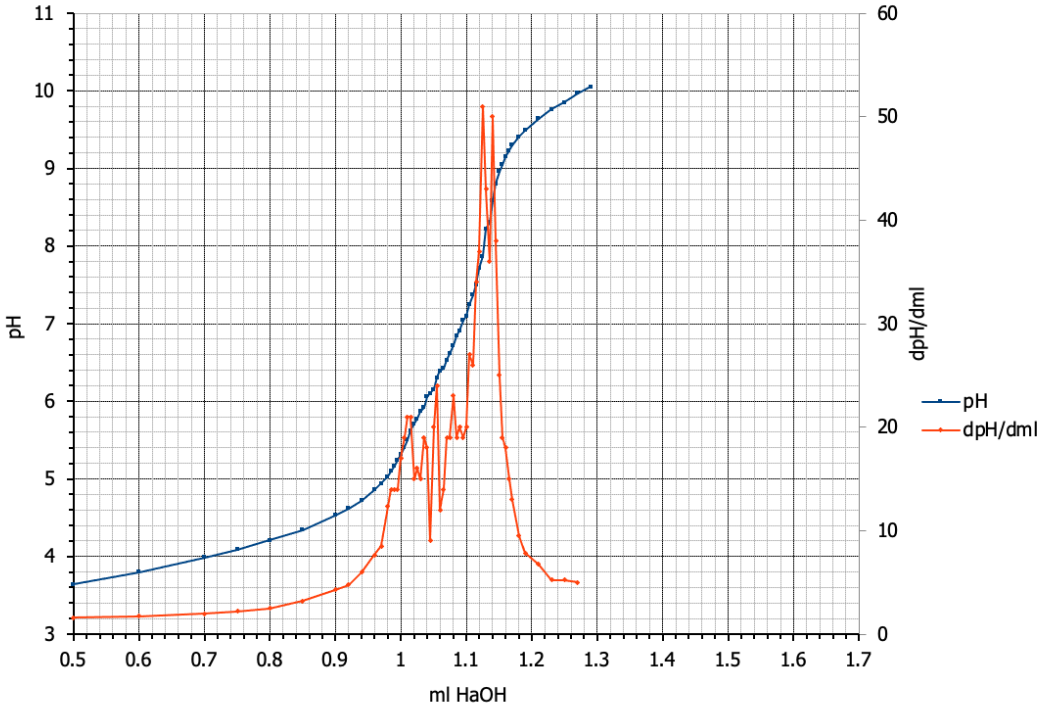
ตารางที่ ซ.64 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml
0.000	3.03	
0.100	3.15	1.30
0.200	3.29	1.40
0.300	3.43	1.30
0.400	3.55	1.25
0.500	3.68	1.25
0.600	3.80	1.30
0.700	3.94	1.50
0.800	4.10	1.70
0.900	4.28	2.10
1.000	4.52	3.07
1.050	4.69	3.83
1.070	4.77	4.50
1.090	4.87	5.75
1.110	5.00	9.30
1.115	5.05	9.00
1.120	5.09	8.00
1.125	5.13	10.00
1.130	5.19	11.00
1.135	5.24	12.00
1.140	5.31	13.00
1.145	5.37	13.00
1.150	5.44	16.00
1.155	5.53	18.00
1.160	5.62	19.00
1.165	5.72	18.00
1.170	5.80	15.00
1.175	5.87	18.00
1.180	5.98	19.00
1.185	6.06	18.00
1.190	6.16	18.00
1.195	6.24	13.00
1.200	6.29	9.00
1.205	6.33	15.00
1.210	6.44	17.00
1.215	6.50	17.00
1.220	6.61	17.00
1.225	6.67	15.00
1.230	6.76	16.00
1.235	6.83	16.00
1.240	6.92	19.00
1.245	7.02	39.00
1.250	7.31	46.00
1.255	7.48	30.00
1.260	7.61	34.00
1.265	7.82	31.00
1.270	7.92	30.00
1.275	8.12	40.00
1.280	8.32	41.00
1.285	8.53	38.00
1.290	8.70	30.00
1.295	8.83	23.00
1.300	8.93	22.00
1.305	9.05	20.00
1.310	9.13	16.00
1.315	9.21	15.00
1.320	9.28	12.67
1.330	9.38	9.50
1.340	9.47	5.50
1.350	9.49	3.83
1.370	9.64	6.50
1.390	9.75	5.25
1.410	9.85	4.50
1.430	9.93	4.25
1.450	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2995 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.65 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2138 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	4.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00032 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.01085 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	5.074
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.624
Total wt% H_2O_2	5.697

ตารางที่ ซ.65 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.80	
0.100	2.97	1.75
0.200	3.15	1.75
0.300	3.32	1.65
0.400	3.48	1.60
0.500	3.64	1.60
0.600	3.80	1.75
0.700	3.99	1.97
0.750	4.09	2.20
0.800	4.21	2.50
0.850	4.34	3.20
0.900	4.53	4.30
0.920	4.62	4.75
0.940	4.72	6.00
0.960	4.86	7.67
0.970	4.94	8.50
0.980	5.03	12.33
0.985	5.10	14.00
0.990	5.17	14.00
0.995	5.24	14.00
1.000	5.31	17.00
1.005	5.41	19.00
1.010	5.50	21.00
1.015	5.62	21.00
1.020	5.71	15.00
1.025	5.77	16.00
1.030	5.87	15.00

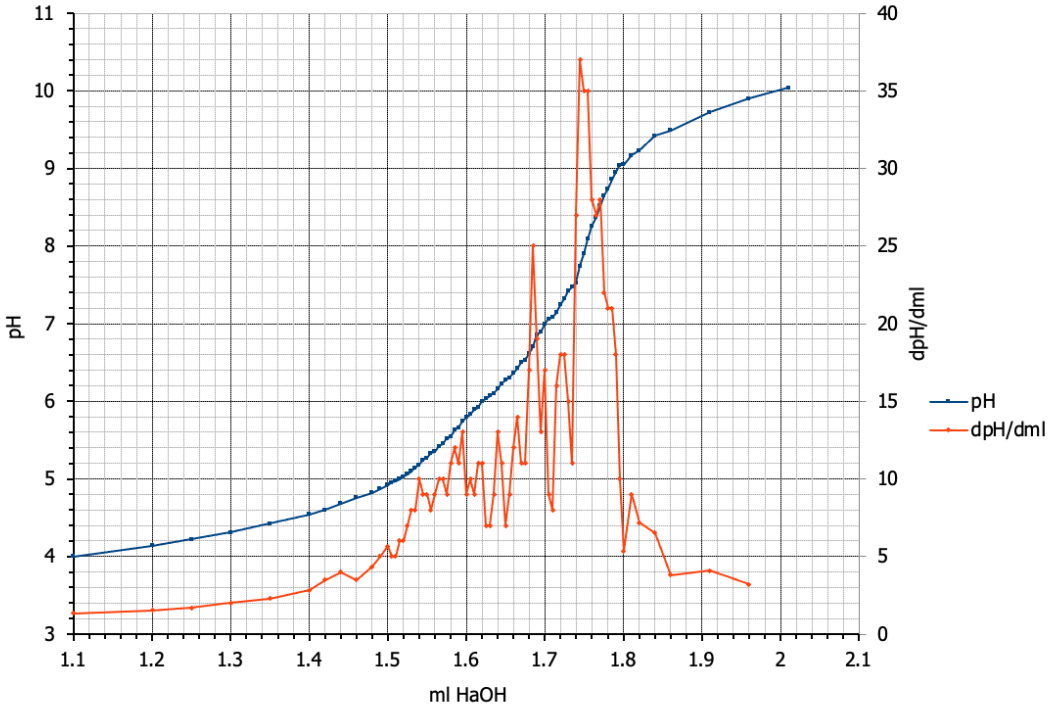
ml	pH	dpH/dml
1.035	5.92	19.00
1.040	6.06	18.00
1.045	6.10	9.00
1.050	6.15	20.00
1.055	6.30	24.00
1.060	6.39	12.00
1.065	6.42	14.00
1.070	6.53	19.00
1.075	6.61	19.00
1.080	6.72	23.00
1.085	6.84	19.00
1.090	6.91	20.00
1.095	7.04	19.00
1.100	7.10	20.00
1.105	7.24	27.00
1.110	7.37	26.00
1.115	7.50	34.00
1.120	7.71	37.00
1.125	7.87	51.00
1.130	8.22	43.00
1.135	8.30	36.00
1.140	8.58	50.00
1.145	8.80	38.00
1.150	8.96	25.00
1.155	9.05	19.00
1.160	9.15	18.00
1.165	9.23	15.00

ml	pH	dpH/dml
1.170	9.30	13.00
1.180	9.41	9.50
1.190	9.49	7.83
1.210	9.64	6.75
1.230	9.76	5.25
1.250	9.85	5.25
1.270	9.97	5.00
1.290	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5014 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.66 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2127 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	3.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00028 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00961 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	4.520
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.497
Total wt% H_2O_2	5.017

ตารางที่ ซ.66 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.72		1.525	5.06	7.00
0.100	2.86	1.35	1.530	5.10	8.00
0.200	2.99	1.30	1.535	5.14	8.00
0.300	3.12	1.20	1.540	5.18	10.00
0.400	3.23	1.15	1.545	5.24	9.00
0.500	3.35	1.10	1.550	5.27	9.00
0.600	3.45	0.95	1.555	5.33	8.00
0.700	3.54	1.00	1.560	5.35	9.00
0.800	3.65	1.10	1.565	5.42	10.00
0.900	3.76	1.10	1.570	5.45	10.00
1.000	3.87	1.20	1.575	5.52	9.00
1.100	4.00	1.35	1.580	5.54	11.00
1.200	4.14	1.53	1.585	5.63	12.00
1.250	4.22	1.70	1.590	5.66	11.00
1.300	4.31	2.00	1.595	5.74	13.00
1.350	4.42	2.30	1.600	5.79	9.00
1.400	4.54	2.83	1.605	5.83	10.00
1.420	4.60	3.50	1.610	5.89	9.00
1.440	4.68	4.00	1.615	5.92	11.00
1.460	4.76	3.50	1.620	6.00	11.00
1.480	4.82	4.33	1.625	6.03	7.00
1.490	4.87	5.00	1.630	6.07	7.00
1.500	4.92	5.67	1.635	6.10	9.00
1.505	4.95	5.00	1.640	6.16	13.00
1.510	4.97	5.00	1.645	6.23	11.00
1.515	5.00	6.00	1.650	6.27	7.00
1.520	5.03	6.00	1.655	6.30	9.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

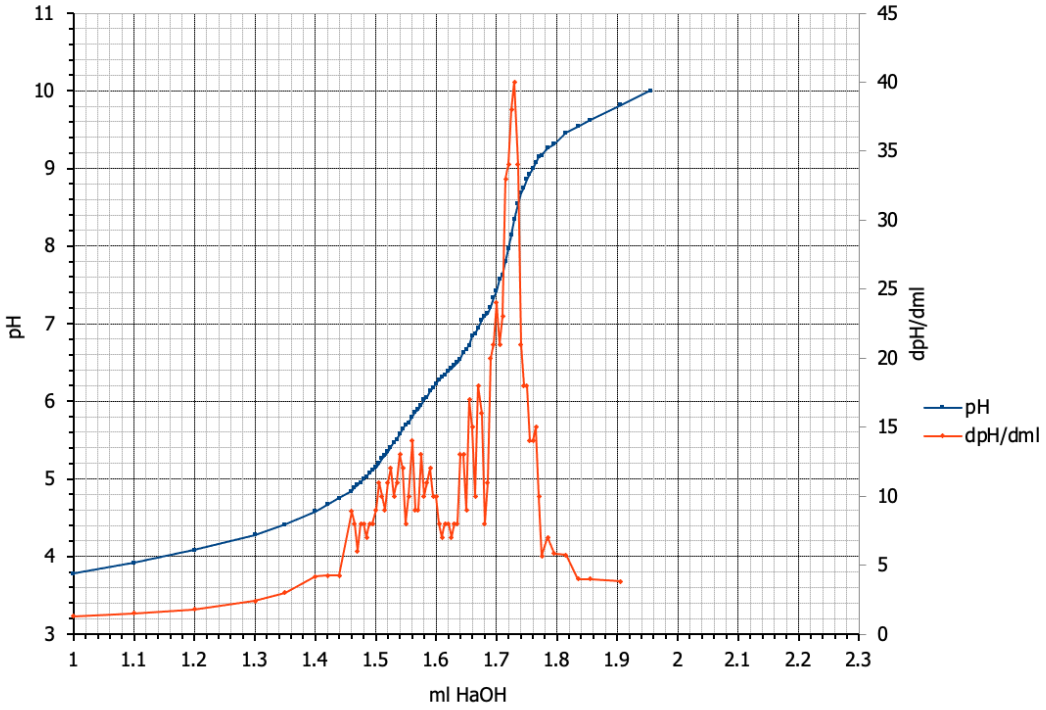
ml	pH	dpH/dml
1.660	6.36	12.00
1.665	6.42	14.00
1.670	6.50	11.00
1.675	6.53	11.00
1.680	6.61	17.00
1.685	6.70	25.00
1.690	6.86	19.00
1.695	6.89	13.00
1.700	6.99	17.00
1.705	7.06	9.00
1.710	7.08	8.00
1.715	7.14	16.00
1.720	7.24	18.00
1.725	7.32	18.00
1.730	7.42	15.00
1.735	7.47	11.00
1.740	7.53	27.00
1.745	7.74	37.00
1.750	7.90	35.00
1.755	8.09	35.00
1.760	8.25	28.00
1.765	8.37	27.00
1.770	8.52	28.00
1.775	8.65	22.00
1.780	8.74	21.00
1.785	8.86	21.00
1.790	8.95	18.00

ml	pH	dpH/dml
1.795	9.04	10.00
1.800	9.05	5.33
1.810	9.17	9.00
1.820	9.23	7.17
1.840	9.42	6.50
1.860	9.49	3.81
1.910	9.72	4.10
1.960	9.90	3.20
2.010	10.04	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 4

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5145 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.67 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 4

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2586 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	3.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00024 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00820 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	3.171
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.549
Total wt% H_2O_2	3.720

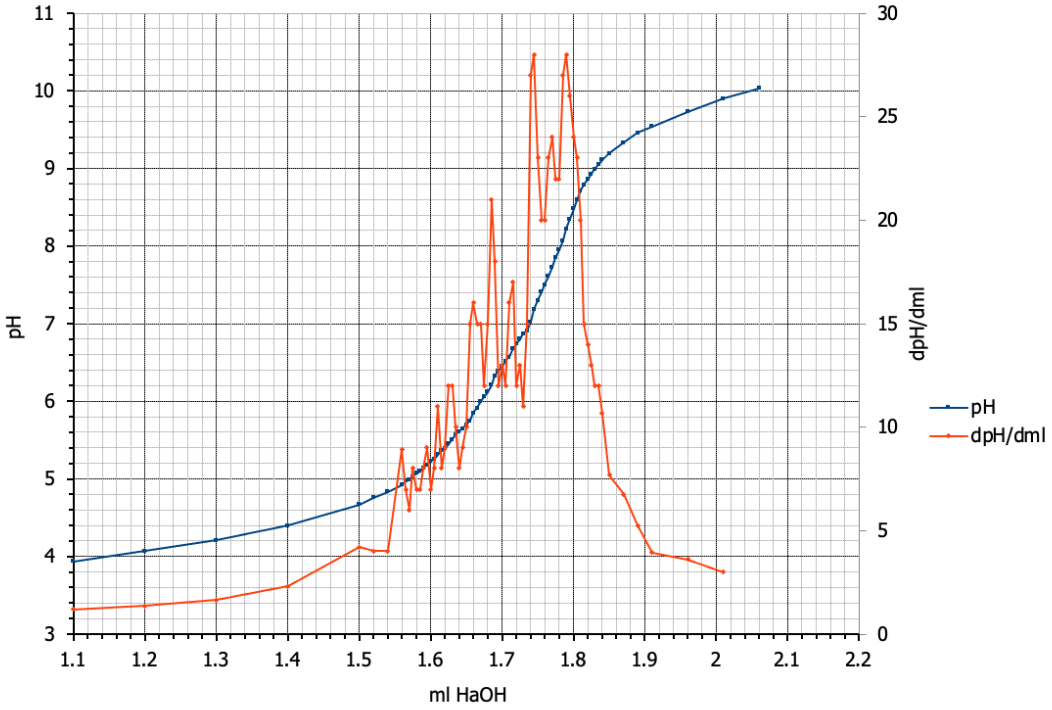
ตารางที่ ซ.67 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 4

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.54		1.505	5.20	11.00	1.640	6.54	13.00
0.100	2.69	1.45	1.510	5.26	10.00	1.645	6.63	13.00
0.200	2.83	1.35	1.515	5.30	9.00	1.650	6.67	9.00
0.300	2.96	1.30	1.520	5.35	11.00	1.655	6.72	17.00
0.400	3.09	1.25	1.525	5.41	12.00	1.660	6.84	15.00
0.500	3.21	1.15	1.530	5.47	10.00	1.665	6.87	10.00
0.600	3.32	1.15	1.535	5.51	11.00	1.670	6.94	18.00
0.700	3.44	1.15	1.540	5.58	13.00	1.675	7.05	16.00
0.800	3.55	1.10	1.545	5.64	12.00	1.680	7.10	8.00
0.900	3.66	1.15	1.550	5.70	8.00	1.685	7.13	11.00
1.000	3.78	1.30	1.555	5.72	10.00	1.690	7.21	20.00
1.100	3.92	1.50	1.560	5.80	14.00	1.695	7.33	21.00
1.200	4.08	1.80	1.565	5.86	9.00	1.700	7.42	24.00
1.300	4.28	2.40	1.570	5.89	9.00	1.705	7.57	21.00
1.350	4.41	3.00	1.575	5.95	13.00	1.710	7.63	23.00
1.400	4.58	4.19	1.580	6.02	10.00	1.715	7.80	33.00
1.420	4.67	4.25	1.585	6.05	11.00	1.720	7.96	34.00
1.440	4.75	4.25	1.590	6.13	12.00	1.725	8.14	38.00
1.460	4.84	8.90	1.595	6.17	10.00	1.730	8.34	40.00
1.465	4.89	8.00	1.600	6.23	10.00	1.735	8.54	34.00
1.470	4.92	6.00	1.605	6.27	8.00	1.740	8.68	21.00
1.475	4.95	8.00	1.610	6.31	7.00	1.745	8.75	18.00
1.480	5.00	8.00	1.615	6.34	8.00	1.750	8.86	18.00
1.485	5.03	7.00	1.620	6.39	8.00	1.755	8.93	14.00
1.490	5.07	8.00	1.625	6.42	7.00	1.760	9.00	14.00
1.495	5.11	8.00	1.630	6.46	8.00	1.765	9.07	15.00
1.500	5.15	9.00	1.635	6.50	8.00	1.770	9.15	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.1 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.6180 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.68 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2072 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	2.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00016 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00538 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	2.597
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.349
Total wt% H_2O_2	2.947

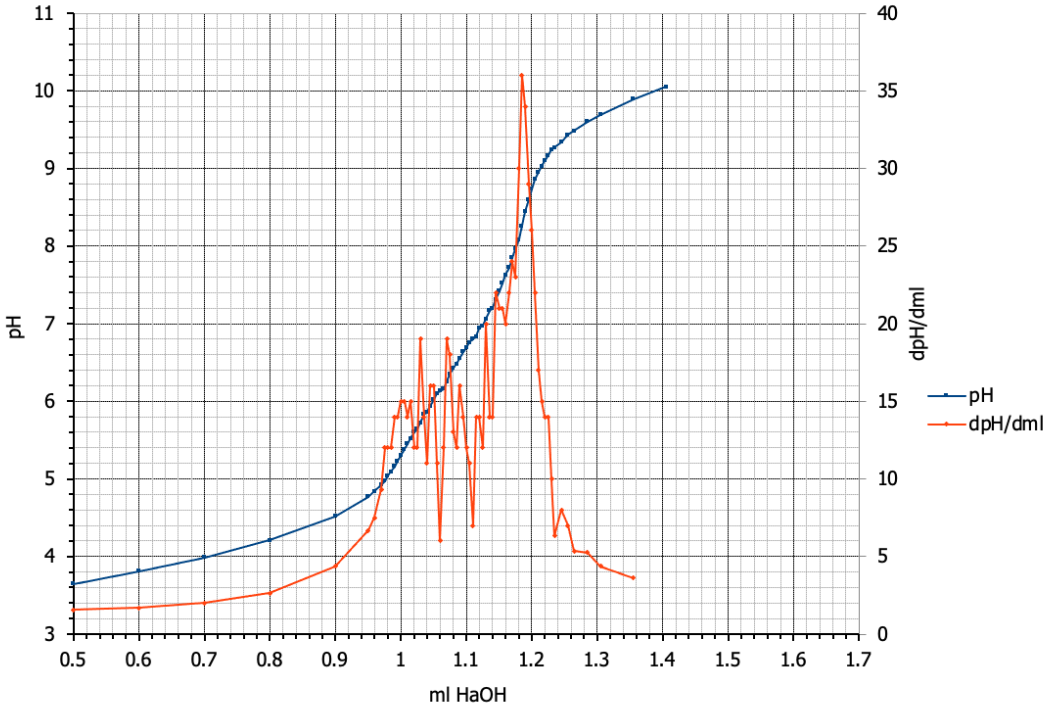
ตารางที่ ซ.68 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.70		1.605	5.25	8.00	1.740	7.02	27.00
0.100	2.83	1.30	1.610	5.31	11.00	1.745	7.18	28.00
0.200	2.96	1.30	1.615	5.36	8.00	1.750	7.30	23.00
0.300	3.09	1.20	1.620	5.39	9.00	1.755	7.41	20.00
0.400	3.20	1.10	1.625	5.45	12.00	1.760	7.50	20.00
0.500	3.31	1.10	1.630	5.51	12.00	1.765	7.61	23.00
0.600	3.42	1.05	1.635	5.57	10.00	1.770	7.73	24.00
0.700	3.52	1.00	1.640	5.61	8.00	1.775	7.85	22.00
0.800	3.62	1.00	1.645	5.65	9.00	1.780	7.95	22.00
0.900	3.72	1.05	1.650	5.70	10.00	1.785	8.07	27.00
1.000	3.83	1.10	1.655	5.75	15.00	1.790	8.22	28.00
1.100	3.94	1.20	1.660	5.85	16.00	1.795	8.35	26.00
1.200	4.07	1.35	1.665	5.91	15.00	1.800	8.48	24.00
1.300	4.21	1.65	1.670	6.00	15.00	1.805	8.59	23.00
1.400	4.40	2.30	1.675	6.06	12.00	1.810	8.71	20.00
1.500	4.67	4.20	1.680	6.12	15.00	1.815	8.79	15.00
1.520	4.76	4.00	1.685	6.21	21.00	1.820	8.86	14.00
1.540	4.83	4.00	1.690	6.33	18.00	1.825	8.93	13.00
1.560	4.92	8.90	1.695	6.39	12.00	1.830	8.99	12.00
1.565	4.97	7.00	1.700	6.45	13.00	1.835	9.05	12.00
1.570	4.99	6.00	1.705	6.52	12.00	1.840	9.11	10.67
1.575	5.03	8.00	1.710	6.57	16.00	1.850	9.19	7.67
1.580	5.07	7.00	1.715	6.68	17.00	1.870	9.33	6.75
1.585	5.10	7.00	1.720	6.74	12.00	1.890	9.46	5.25
1.590	5.14	8.00	1.725	6.80	13.00	1.910	9.54	3.94
1.595	5.18	9.00	1.730	6.87	11.00	1.960	9.73	3.60
1.600	5.23	7.00	1.735	6.91	15.00	2.010	9.90	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1147 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.69 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 10 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 10 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2095 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	21.2 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00154 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05226 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	24.947
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.244
Total wt% H_2O_2	27.191

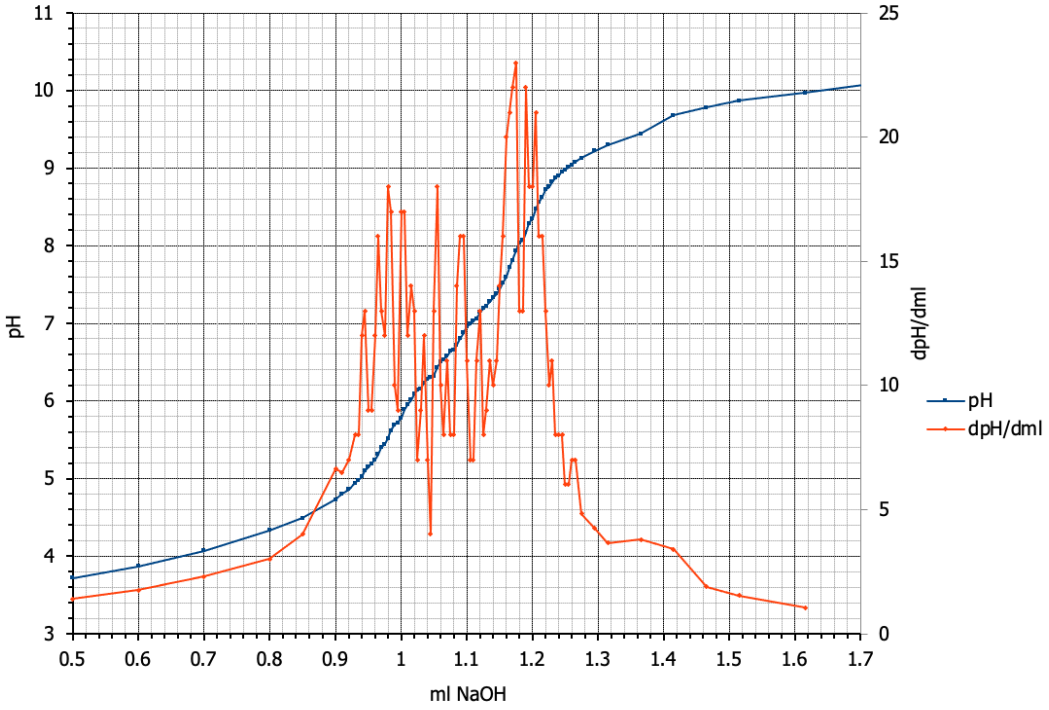
ตารางที่ ซ.69 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 10 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml
0.000	2.83	
0.100	3.01	1.75
0.200	3.18	1.65
0.300	3.34	1.60
0.400	3.50	1.55
0.500	3.65	1.55
0.600	3.81	1.70
0.700	3.99	2.00
0.800	4.21	2.65
0.900	4.52	4.37
0.950	4.77	6.67
0.960	4.84	7.50
0.970	4.92	9.33
0.975	4.97	12.00
0.980	5.04	12.00
0.985	5.09	12.00
0.990	5.16	14.00
0.995	5.23	14.00
1.000	5.30	15.00
1.005	5.38	15.00
1.010	5.45	14.00
1.015	5.52	15.00
1.020	5.60	12.00
1.025	5.64	12.00
1.030	5.72	19.00
1.035	5.83	14.00
1.040	5.86	11.00
1.045	5.94	16.00
1.050	6.02	16.00
1.055	6.10	11.00
1.060	6.13	6.00
1.065	6.16	12.00
1.070	6.25	19.00
1.075	6.35	18.00
1.080	6.43	13.00
1.085	6.48	12.00
1.090	6.55	16.00
1.095	6.64	14.00
1.100	6.69	12.00
1.105	6.76	11.00
1.110	6.80	7.00
1.115	6.83	14.00
1.120	6.94	14.00
1.125	6.97	12.00
1.130	7.06	20.00
1.135	7.17	14.00
1.140	7.20	14.00
1.145	7.31	22.00
1.150	7.42	21.00
1.155	7.52	21.00
1.160	7.63	20.00
1.165	7.72	22.00
1.170	7.85	24.00
1.175	7.96	23.00
1.180	8.08	30.00
1.185	8.26	36.00
1.190	8.44	34.00
1.195	8.60	29.00
1.200	8.73	26.00
1.205	8.86	22.00
1.210	8.95	17.00
1.215	9.03	15.00
1.220	9.10	14.00
1.225	9.17	14.00
1.230	9.24	10.00
1.235	9.27	6.33
1.245	9.34	8.00
1.255	9.43	7.00
1.265	9.48	5.33
1.285	9.60	5.25
1.305	9.69	4.36
1.355	9.89	3.60
1.405	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1159 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.70 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 60 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 60 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2021 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	19.6 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00142 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04832 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.909
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	3.009
Total wt% H_2O_2	26.917

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

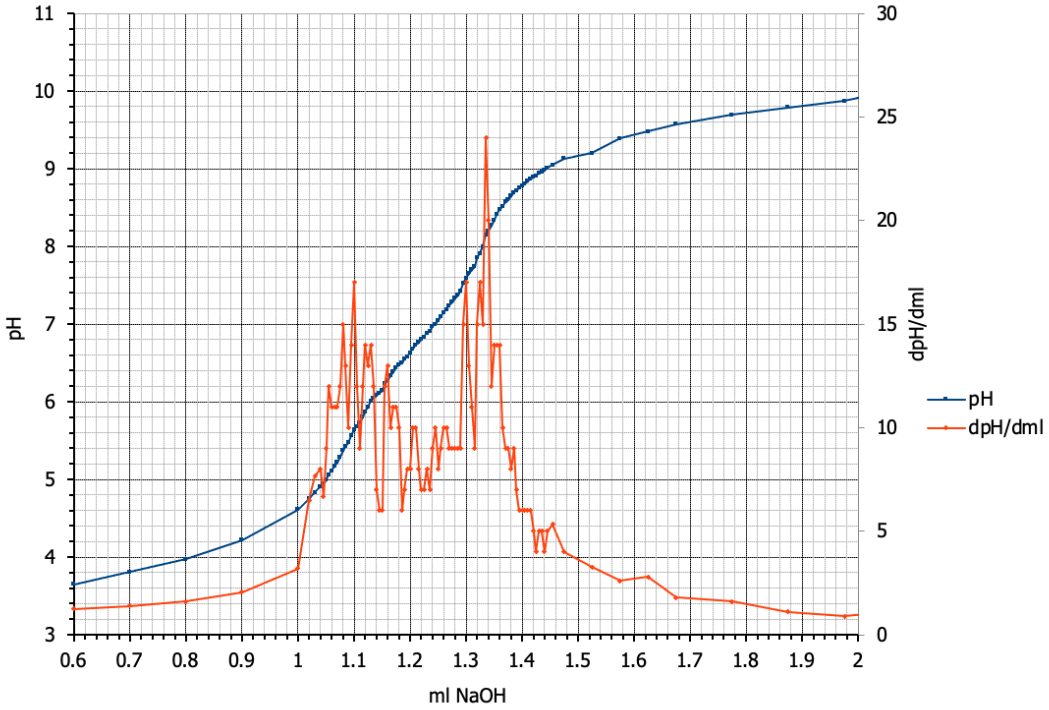
ตารางที่ ซ.70 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 60 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	3.04		1.000	5.78	17.00	1.135	7.28	11.00
0.100	3.15	1.25	1.005	5.89	17.00	1.140	7.33	10.00
0.200	3.29	1.35	1.010	5.95	12.00	1.145	7.38	11.00
0.300	3.42	1.50	1.015	6.01	14.00	1.150	7.44	14.00
0.400	3.59	1.50	1.020	6.09	13.00	1.155	7.52	16.00
0.500	3.72	1.40	1.025	6.14	7.00	1.160	7.60	20.00
0.600	3.87	1.75	1.030	6.16	9.00	1.165	7.72	21.00
0.700	4.07	2.30	1.035	6.23	12.00	1.170	7.81	22.00
0.800	4.33	3.00	1.040	6.28	7.00	1.175	7.94	23.00
0.850	4.49	4.00	1.045	6.30	4.00	1.180	8.04	13.00
0.900	4.73	6.63	1.050	6.32	13.00	1.185	8.07	13.00
0.910	4.80	6.50	1.055	6.43	18.00	1.190	8.17	22.00
0.920	4.86	7.00	1.060	6.50	10.00	1.195	8.29	18.00
0.930	4.94	8.00	1.065	6.53	8.00	1.200	8.35	18.00
0.935	4.98	8.00	1.070	6.58	11.00	1.205	8.47	21.00
0.940	5.02	12.00	1.075	6.64	8.00	1.210	8.56	16.00
0.945	5.10	13.00	1.080	6.66	8.00	1.215	8.63	16.00
0.950	5.15	9.00	1.085	6.72	14.00	1.220	8.72	13.00
0.955	5.19	9.00	1.090	6.80	16.00	1.225	8.76	10.00
0.960	5.24	12.00	1.095	6.88	16.00	1.230	8.82	11.00
0.965	5.31	16.00	1.100	6.96	11.00	1.235	8.87	8.00
0.970	5.40	13.00	1.105	6.99	7.00	1.240	8.90	8.00
0.975	5.44	12.00	1.110	7.03	7.00	1.245	8.95	8.00
0.980	5.52	18.00	1.115	7.06	11.00	1.250	8.98	6.00
0.985	5.62	17.00	1.120	7.14	13.00	1.255	9.01	6.00
0.990	5.69	10.00	1.125	7.19	8.00	1.260	9.04	7.00
0.995	5.72	9.00	1.130	7.22	9.00	1.265	9.08	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1302 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.71 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 90 นาทีหลังการผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 90 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2449 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	22.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00166 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.05645 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	23.052
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.997
Total wt% H_2O_2	26.049

ตารางที่ ซ.71 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 90 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.92		1.110	5.73	12.00
0.100	3.02	1.15	1.115	5.80	14.00
0.200	3.15	1.25	1.120	5.87	13.00
0.300	3.27	1.25	1.125	5.93	14.00
0.400	3.40	1.30	1.130	6.01	12.00
0.500	3.53	1.25	1.135	6.05	7.00
0.600	3.65	1.40	1.140	6.08	6.00
0.700	3.81	1.60	1.145	6.11	6.00
0.800	3.97	2.05	1.150	6.14	12.00
0.900	4.22	3.20	1.155	6.23	13.00
1.000	4.61	6.48	1.160	6.27	10.00
1.020	4.75	7.67	1.165	6.33	11.00
1.030	4.83	8.00	1.170	6.38	11.00
1.040	4.91	6.67	1.175	6.44	10.00
1.045	4.94	9.00	1.180	6.48	6.00
1.050	5.00	12.00	1.185	6.50	7.00
1.055	5.06	11.00	1.190	6.55	8.00
1.060	5.11	11.00	1.195	6.58	8.00
1.065	5.17	11.00	1.200	6.63	10.00
1.070	5.22	12.00	1.205	6.68	10.00
1.075	5.29	15.00	1.210	6.73	8.00
1.080	5.37	13.00	1.215	6.76	7.00
1.085	5.42	10.00	1.220	6.80	7.00
1.090	5.47	14.00	1.225	6.83	8.00
1.095	5.56	17.00	1.230	6.88	7.00
1.100	5.64	12.00	1.235	6.90	9.00
1.105	5.68	9.00	1.240	6.97	10.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

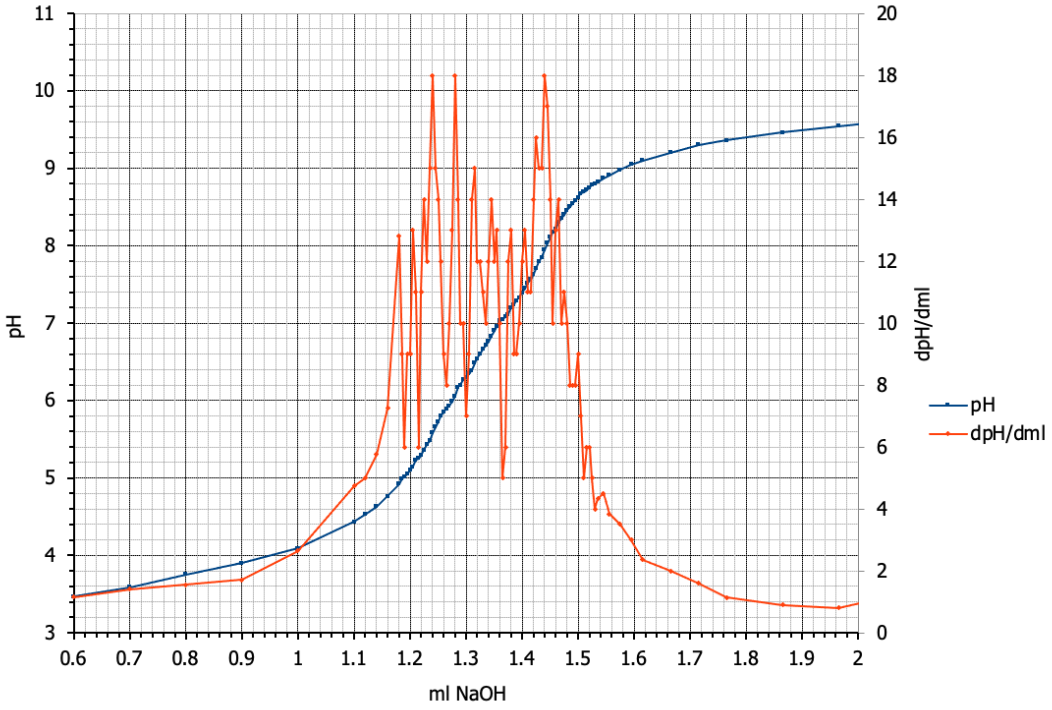
ml	pH	dpH/dml
1.245	7.00	8.00
1.250	7.05	9.00
1.255	7.09	10.00
1.260	7.15	10.00
1.265	7.19	9.00
1.270	7.24	9.00
1.275	7.28	9.00
1.280	7.33	9.00
1.285	7.37	9.00
1.290	7.42	15.00
1.295	7.52	17.00
1.300	7.59	13.00
1.305	7.65	11.00
1.310	7.70	9.00
1.315	7.74	15.00
1.320	7.85	17.00
1.325	7.91	15.00
1.330	8.00	24.00
1.335	8.15	20.00
1.340	8.20	12.00
1.345	8.27	14.00
1.350	8.34	14.00
1.355	8.41	14.00
1.360	8.48	10.00
1.365	8.51	9.00
1.370	8.57	9.00
1.375	8.60	8.00

ml	pH	dpH/dml
1.380	8.65	9.00
1.385	8.69	7.00
1.390	8.72	6.00
1.395	8.75	6.00
1.400	8.78	6.00
1.405	8.81	6.00
1.410	8.84	6.00
1.415	8.87	5.00
1.420	8.89	4.00
1.425	8.91	5.00
1.430	8.94	5.00
1.435	8.96	4.00
1.440	8.98	5.00
1.445	9.01	5.33
1.455	9.05	4.00
1.475	9.13	3.26
1.525	9.20	2.60
1.575	9.39	2.80
1.625	9.48	1.80
1.675	9.57	1.60
1.775	9.69	1.10
1.875	9.79	0.90
1.975	9.87	1.15
2.075	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.1522 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.72 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) ที่ 120 นาทีหลังการผสม

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ หลังการผสม 120 นาที (วันที่ 0)

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.1864 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	16.9 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00122 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.04166 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	22.351
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	2.182
Total wt% H_2O_2	24.534

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ.72 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter ที่ 120 นาทีหลังการผสม (วันที่ 0)

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.86		1.240	5.58	18.00
0.100	2.94	0.90	1.245	5.66	15.00
0.200	3.04	1.05	1.250	5.73	14.00
0.300	3.15	1.05	1.255	5.80	12.00
0.400	3.25	1.05	1.260	5.85	9.00
0.500	3.36	1.10	1.265	5.89	8.00
0.600	3.47	1.15	1.270	5.93	10.00
0.700	3.59	1.40	1.275	5.99	13.00
0.800	3.75	1.55	1.280	6.06	18.00
0.900	3.90	1.70	1.285	6.17	14.00
1.000	4.09	2.65	1.290	6.20	10.00
1.100	4.43	4.73	1.295	6.27	10.00
1.120	4.53	5.00	1.300	6.30	7.00
1.140	4.63	5.75	1.305	6.34	9.00
1.160	4.76	7.25	1.310	6.39	14.00
1.180	4.92	12.80	1.315	6.48	15.00
1.185	4.99	9.00	1.320	6.54	12.00
1.190	5.01	6.00	1.325	6.60	12.00
1.195	5.05	9.00	1.330	6.66	11.00
1.200	5.10	9.00	1.335	6.71	10.00
1.205	5.14	13.00	1.340	6.76	12.00
1.210	5.23	11.00	1.345	6.83	14.00
1.215	5.25	6.00	1.350	6.90	12.00
1.220	5.29	11.00	1.355	6.95	13.00
1.225	5.36	14.00	1.360	7.03	10.00
1.230	5.43	12.00	1.365	7.05	5.00
1.235	5.48	15.00	1.370	7.08	6.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

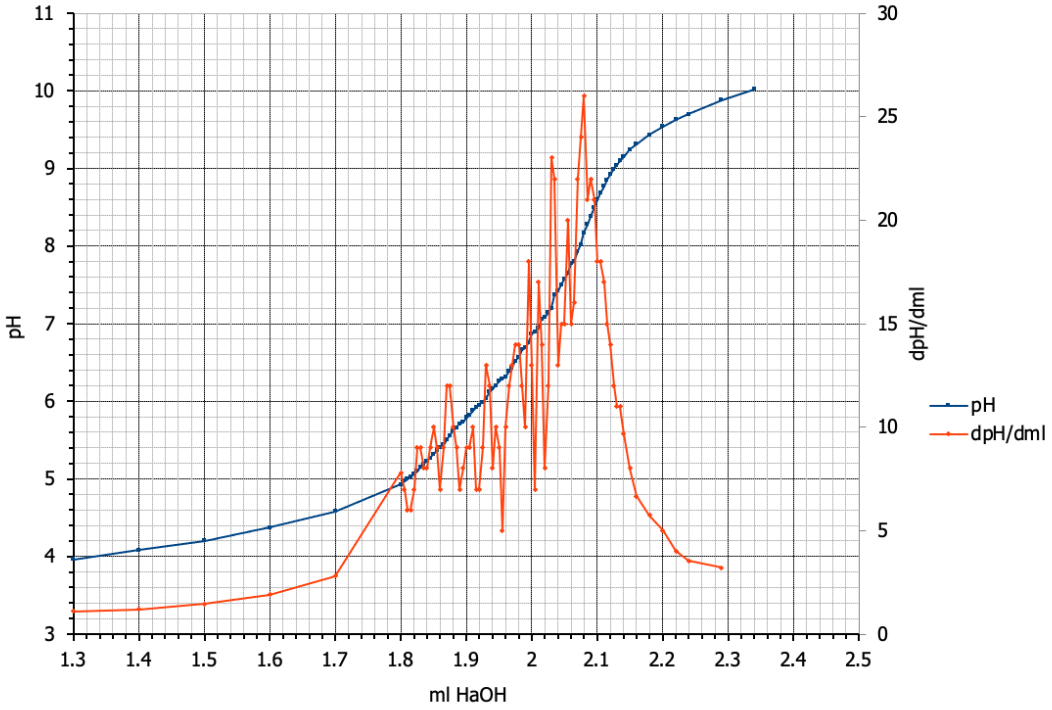
ml	pH	dpH/dml
1.375	7.11	12.00
1.380	7.20	13.00
1.385	7.24	9.00
1.390	7.29	9.00
1.395	7.33	10.00
1.400	7.39	12.00
1.405	7.45	13.00
1.410	7.52	11.00
1.415	7.56	11.00
1.420	7.63	14.00
1.425	7.70	16.00
1.430	7.79	15.00
1.435	7.85	15.00
1.440	7.94	18.00
1.445	8.03	17.00
1.450	8.11	14.00
1.455	8.17	10.00
1.460	8.21	13.00
1.465	8.30	14.00
1.470	8.35	10.00
1.475	8.40	11.00
1.480	8.46	10.00
1.485	8.50	8.00
1.490	8.54	8.00
1.495	8.58	8.00
1.500	8.62	9.00
1.505	8.67	7.00

ml	pH	dpH/dml
1.510	8.69	5.00
1.515	8.72	6.00
1.520	8.75	6.00
1.525	8.78	5.00
1.530	8.80	4.00
1.535	8.82	4.33
1.545	8.87	4.50
1.555	8.91	3.83
1.575	8.98	3.50
1.595	9.05	3.00
1.615	9.10	2.36
1.665	9.20	2.00
1.715	9.30	1.60
1.765	9.36	1.13
1.865	9.46	0.90
1.965	9.54	0.80
2.065	9.62	1.20
2.165	9.78	1.45
2.265	9.91	1.25
2.365	10.03	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml วันที่ 1

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.3085 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.73 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 1

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2155 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	2.0 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	0.00014 mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00493 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	2.288
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.807
Total wt% H_2O_2	3.095

ตารางที่ ซ.73 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 1

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.64		1.845	5.27	9.00
0.100	2.77	1.25	1.850	5.32	10.00
0.200	2.89	1.20	1.855	5.37	9.00
0.300	3.01	1.15	1.860	5.41	7.00
0.400	3.12	1.05	1.865	5.44	9.00
0.500	3.22	1.00	1.870	5.50	12.00
0.600	3.32	0.95	1.875	5.56	12.00
0.700	3.41	0.90	1.880	5.62	10.00
0.800	3.50	0.85	1.885	5.66	9.00
0.900	3.58	0.85	1.890	5.71	7.00
1.000	3.67	0.90	1.895	5.73	8.00
1.100	3.76	0.95	1.900	5.79	9.00
1.200	3.86	1.00	1.905	5.82	9.00
1.300	3.96	1.10	1.910	5.88	10.00
1.400	4.08	1.20	1.915	5.92	7.00
1.500	4.20	1.45	1.920	5.95	7.00
1.600	4.37	1.90	1.925	5.99	9.00
1.700	4.58	2.80	1.930	6.04	13.00
1.800	4.93	7.79	1.935	6.12	12.00
1.805	4.97	7.00	1.940	6.16	8.00
1.810	5.00	6.00	1.945	6.20	10.00
1.815	5.03	6.00	1.950	6.26	9.00
1.820	5.06	7.00	1.955	6.29	5.00
1.825	5.10	9.00	1.960	6.31	10.00
1.830	5.15	9.00	1.965	6.39	12.00
1.835	5.19	8.00	1.970	6.43	13.00
1.840	5.23	8.00	1.975	6.52	14.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

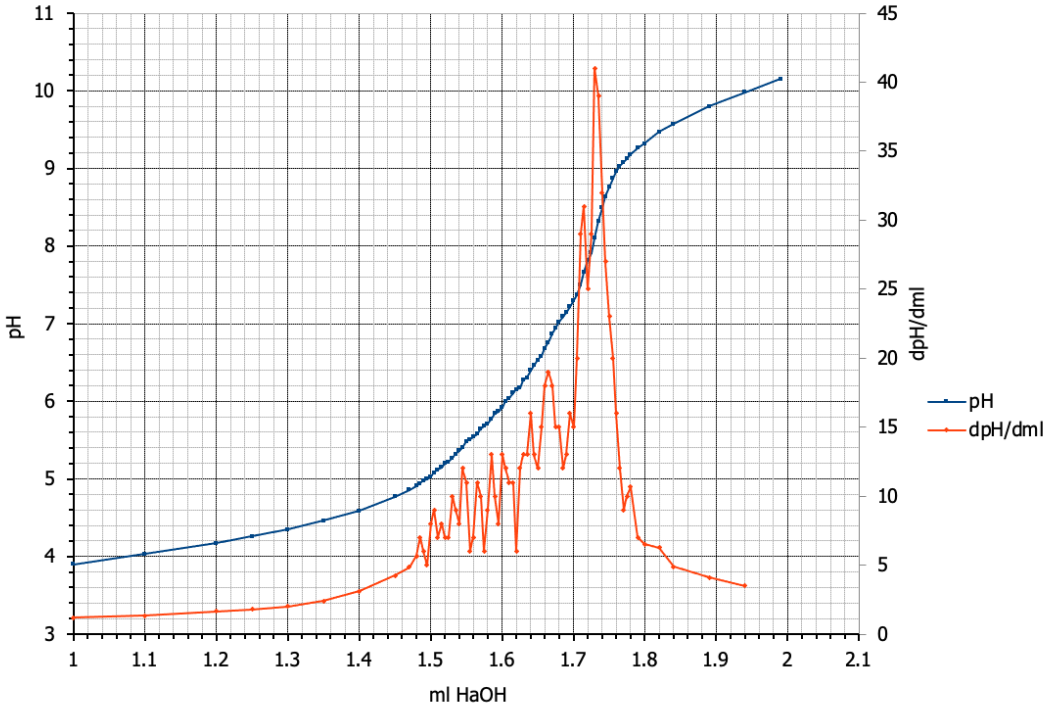
ml	pH	dpH/dml
1.980	6.57	14.00
1.985	6.66	12.00
1.990	6.69	10.00
1.995	6.76	18.00
2.000	6.87	13.00
2.005	6.89	7.00
2.010	6.94	17.00
2.015	7.06	14.00
2.020	7.08	8.00
2.025	7.14	12.00
2.030	7.20	23.00
2.035	7.37	22.00
2.040	7.42	13.00
2.045	7.50	15.00
2.050	7.57	15.00
2.055	7.65	20.00
2.060	7.77	15.00
2.065	7.80	16.00
2.070	7.93	22.00
2.075	8.02	24.00
2.080	8.17	26.00
2.085	8.28	21.00
2.090	8.38	22.00
2.095	8.50	21.00
2.100	8.59	18.00
2.105	8.68	18.00
2.110	8.77	17.00

ml	pH	dpH/dml
2.115	8.85	15.00
2.120	8.92	14.00
2.125	8.99	12.00
2.130	9.04	11.00
2.135	9.10	11.00
2.140	9.15	9.67
2.150	9.24	8.00
2.160	9.31	6.67
2.180	9.43	5.75
2.200	9.54	5.00
2.220	9.63	4.00
2.240	9.70	3.53
2.290	9.88	3.20
2.340	10.02	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml วันที่ 2

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.2624 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.74 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 2

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2096 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	1.1 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.02899 M
จำนวนโมล H_2O_2	7.973×10^{-5} mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00271 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	1.294
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.570
Total wt% H_2O_2	1.863

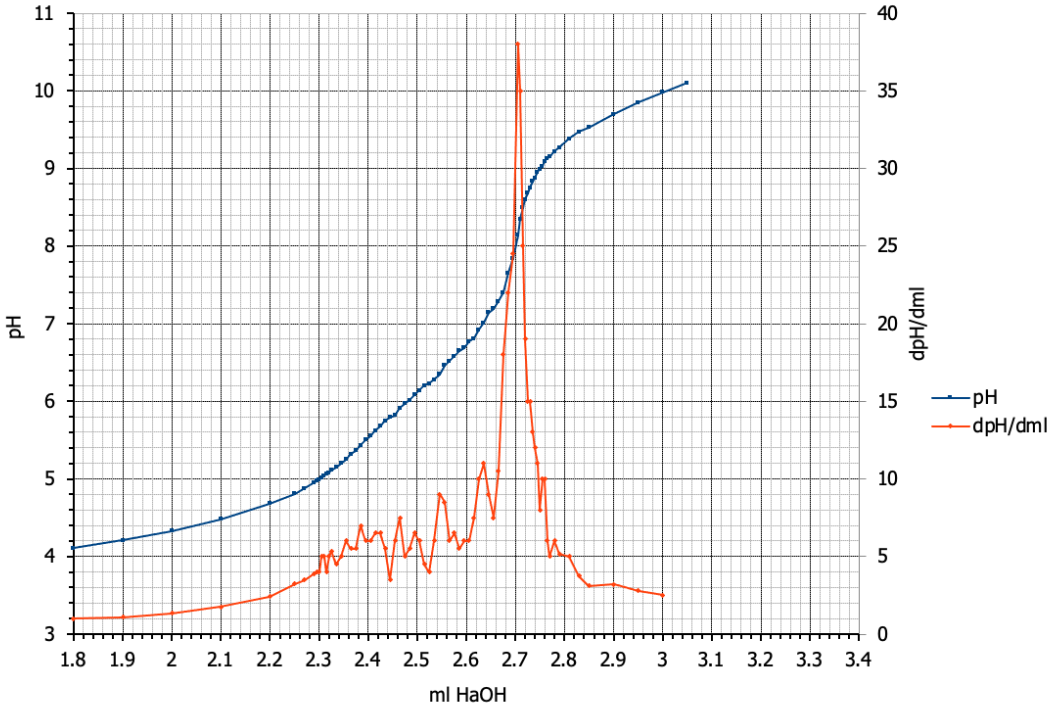
ตารางที่ ซ.74 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 2

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.75		1.520	5.20	7.00	1.655	6.58	15.00
0.100	2.89	1.35	1.525	5.22	7.00	1.660	6.68	18.00
0.200	3.02	1.30	1.530	5.27	10.00	1.665	6.76	19.00
0.300	3.15	1.25	1.535	5.32	9.00	1.670	6.87	18.00
0.400	3.27	1.10	1.540	5.36	8.00	1.675	6.94	15.00
0.500	3.37	1.05	1.545	5.40	12.00	1.680	7.02	15.00
0.600	3.48	1.10	1.550	5.48	11.00	1.685	7.09	12.00
0.700	3.59	1.05	1.555	5.51	6.00	1.690	7.14	13.00
0.800	3.69	1.00	1.560	5.54	7.00	1.695	7.22	16.00
0.900	3.79	1.05	1.565	5.58	11.00	1.700	7.30	15.00
1.000	3.90	1.20	1.570	5.65	10.00	1.705	7.37	20.00
1.100	4.03	1.35	1.575	5.68	6.00	1.710	7.50	29.00
1.200	4.17	1.67	1.580	5.71	9.00	1.715	7.66	31.00
1.250	4.26	1.80	1.585	5.77	13.00	1.720	7.81	25.00
1.300	4.35	2.00	1.590	5.84	10.00	1.725	7.91	29.00
1.350	4.46	2.40	1.595	5.87	8.00	1.730	8.10	41.00
1.400	4.59	3.10	1.600	5.92	13.00	1.735	8.32	39.00
1.450	4.77	4.24	1.605	6.00	12.00	1.740	8.49	32.00
1.470	4.86	4.83	1.610	6.04	11.00	1.745	8.64	27.00
1.480	4.91	5.67	1.615	6.11	11.00	1.750	8.76	23.00
1.485	4.94	7.00	1.620	6.15	6.00	1.755	8.87	20.00
1.490	4.98	6.00	1.625	6.17	12.00	1.760	8.96	16.00
1.495	5.00	5.00	1.630	6.27	13.00	1.765	9.03	12.00
1.500	5.03	8.00	1.635	6.30	13.00	1.770	9.08	9.00
1.505	5.08	9.00	1.640	6.40	16.00	1.775	9.12	10.00
1.510	5.12	7.00	1.645	6.46	13.00	1.780	9.18	10.67
1.515	5.15	8.00	1.650	6.53	12.00	1.790	9.26	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml วันที่ 3

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4119 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.75 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 3

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2083 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.8 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	6.027×10^{-5} mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00205 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	0.984
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.645
Total wt% H_2O_2	1.629

ตารางที่ ซ.75 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 3

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.62		2.300	4.99	4.00
0.100	2.73	1.05	2.305	5.01	5.00
0.200	2.83	1.00	2.310	5.04	5.00
0.300	2.93	0.95	2.315	5.06	4.00
0.400	3.02	0.90	2.320	5.08	5.00
0.500	3.11	0.85	2.325	5.11	5.33
0.600	3.19	0.80	2.335	5.15	4.50
0.700	3.27	0.80	2.345	5.20	5.00
0.800	3.35	0.75	2.355	5.25	6.00
0.900	3.42	0.70	2.365	5.32	5.50
1.000	3.49	0.70	2.375	5.36	5.50
1.100	3.56	0.70	2.385	5.43	7.00
1.200	3.63	0.70	2.395	5.50	6.00
1.300	3.70	0.75	2.405	5.55	6.00
1.400	3.78	0.75	2.415	5.62	6.50
1.500	3.85	0.75	2.425	5.68	6.50
1.600	3.93	0.80	2.435	5.75	5.50
1.700	4.01	0.90	2.445	5.79	3.50
1.800	4.11	1.00	2.455	5.82	6.00
1.900	4.21	1.10	2.465	5.91	7.50
2.000	4.33	1.35	2.475	5.97	5.00
2.100	4.48	1.75	2.485	6.01	5.50
2.200	4.68	2.40	2.495	6.08	6.50
2.250	4.81	3.24	2.505	6.14	6.00
2.270	4.88	3.50	2.515	6.20	4.50
2.290	4.95	3.90	2.525	6.23	4.00
2.295	4.97	4.00	2.535	6.28	6.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

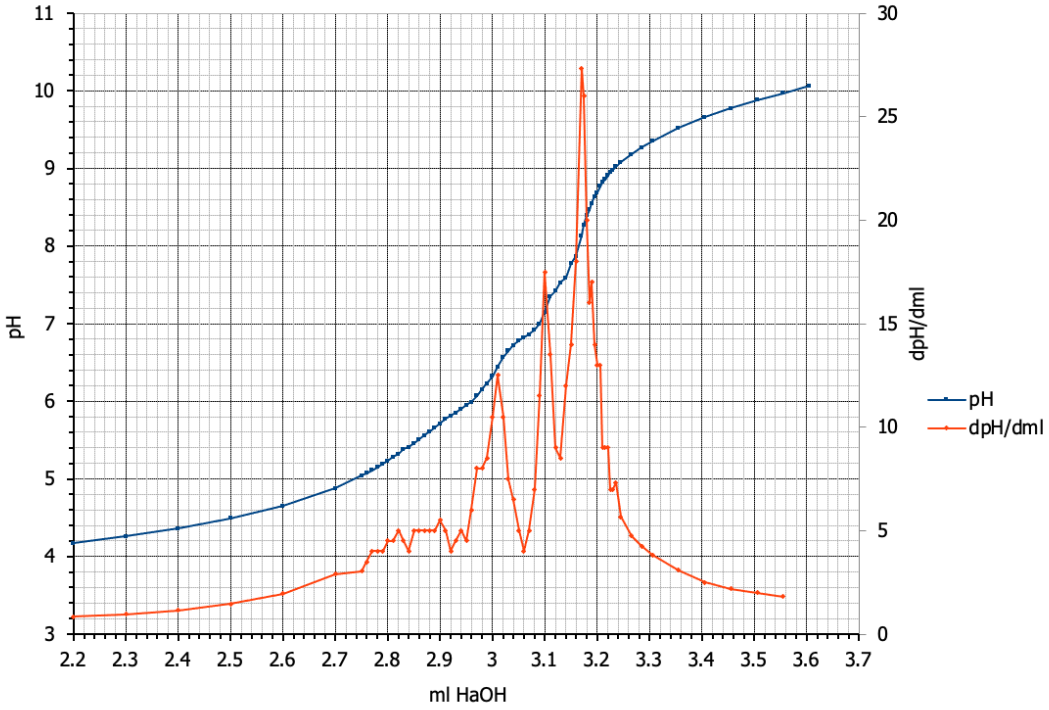
ml	pH	dpH/dml
2.545	6.35	9.00
2.555	6.46	8.50
2.565	6.52	6.00
2.575	6.58	6.50
2.585	6.65	5.50
2.595	6.69	6.00
2.605	6.77	6.00
2.615	6.81	7.50
2.625	6.92	10.00
2.635	7.01	11.00
2.645	7.14	9.00
2.655	7.19	7.50
2.665	7.29	10.50
2.675	7.40	18.00
2.685	7.65	22.00
2.695	7.84	24.50
2.705	8.14	38.00
2.710	8.35	35.00
2.715	8.49	25.00
2.720	8.60	19.00
2.725	8.68	15.00
2.730	8.75	15.00
2.735	8.83	13.00
2.740	8.88	12.00
2.745	8.95	11.00
2.750	8.99	8.00
2.755	9.03	10.00

ml	pH	dpH/dml
2.760	9.09	10.00
2.765	9.13	6.00
2.770	9.15	5.00
2.780	9.22	6.00
2.790	9.27	5.17
2.810	9.38	5.00
2.830	9.47	3.75
2.850	9.53	3.11
2.900	9.70	3.20
2.950	9.85	2.80
3.000	9.98	2.50
3.050	10.10	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml วันที่ 6

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.5092 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.76 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 6

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2116 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.4 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	3.014×10^{-5} mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.00103 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	0.484
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.522
Total wt% H_2O_2	1.006

ตารางที่ ซ.76 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 6

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.56		2.700	4.88	2.90
0.100	2.66	0.90	2.750	5.04	3.03
0.200	2.74	0.85	2.760	5.07	3.50
0.300	2.83	0.90	2.770	5.11	4.00
0.400	2.92	0.85	2.780	5.15	4.00
0.500	3.00	0.80	2.790	5.19	4.00
0.600	3.08	0.75	2.800	5.23	4.50
0.700	3.15	0.70	2.810	5.28	4.50
0.800	3.22	0.60	2.820	5.32	5.00
0.900	3.27	0.60	2.830	5.38	4.50
1.000	3.34	0.65	2.840	5.41	4.00
1.100	3.40	0.60	2.850	5.46	5.00
1.200	3.46	0.60	2.860	5.51	5.00
1.300	3.52	0.60	2.870	5.56	5.00
1.400	3.58	0.90	2.880	5.61	5.00
1.500	3.70	0.90	2.890	5.66	5.00
1.600	3.76	0.60	2.900	5.71	5.50
1.700	3.82	0.60	2.910	5.77	5.00
1.800	3.88	0.60	2.920	5.81	4.00
1.900	3.94	0.65	2.930	5.85	4.50
2.000	4.01	0.75	2.940	5.90	5.00
2.100	4.09	0.80	2.950	5.95	4.50
2.200	4.17	0.85	2.960	5.99	6.00
2.300	4.26	0.95	2.970	6.07	8.00
2.400	4.36	1.15	2.980	6.15	8.00
2.500	4.49	1.45	2.990	6.23	8.50
2.600	4.65	1.95	3.000	6.32	10.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

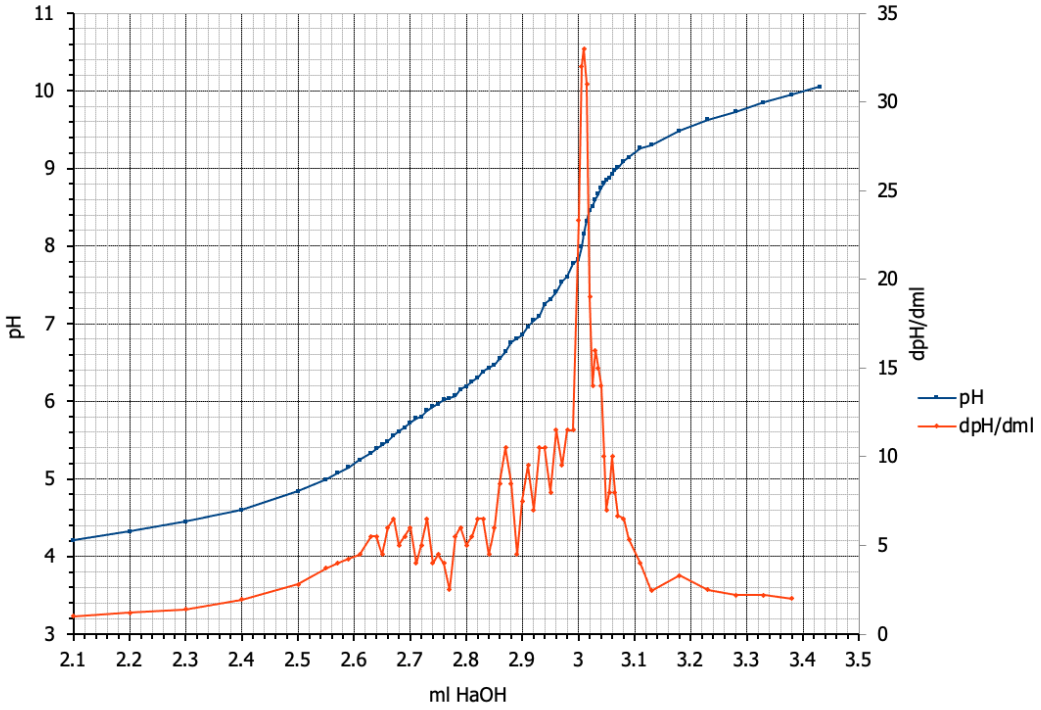
ml	pH	dpH/dml
3.010	6.44	12.50
3.020	6.57	10.50
3.030	6.65	7.50
3.040	6.72	6.50
3.050	6.78	5.00
3.060	6.82	4.00
3.070	6.86	5.00
3.080	6.92	7.00
3.090	7.00	11.50
3.100	7.15	17.50
3.110	7.35	13.50
3.120	7.42	9.00
3.130	7.53	8.50
3.140	7.59	12.00
3.150	7.77	14.00
3.160	7.87	18.00
3.170	8.13	27.33
3.175	8.27	26.00
3.180	8.39	20.00
3.185	8.47	16.00
3.190	8.55	17.00
3.195	8.64	14.00
3.200	8.69	13.00
3.205	8.77	13.00
3.210	8.82	9.00
3.215	8.86	9.00
3.220	8.91	9.00

ml	pH	dpH/dml
3.225	8.95	7.00
3.230	8.98	7.00
3.235	9.02	7.33
3.245	9.08	5.67
3.265	9.18	4.75
3.285	9.27	4.25
3.305	9.35	3.83
3.355	9.52	3.10
3.405	9.66	2.50
3.455	9.77	2.20
3.505	9.88	2.00
3.555	9.97	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลการผลิตกรดเปอร์ฟอร์มิกที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น 1:1 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1:4) 0.4 ml วันที่ 7

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้หากรดทั้งหมด	0.4898 g
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.4882 M



ภาพที่ ซ.77 กราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับค่า pH และกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า pH (dpH/dml) วันที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เหลือ วันที่ 7

ไทเทรต H_2O_2 2 ครั้ง ใช้ตัวอย่าง	0.2282 g
ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.3 ml
ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)	0.03014 M
จำนวนโมล H_2O_2	2.26×10^{-5} mol
คิดเป็นน้ำหนัก	0.0077 g
wt% H_2O_2 ที่เหลือ	0.337
wt% H_2O_2 ที่ไปเป็น PFA	0.475
Total wt% H_2O_2	0.812

ตารางที่ ซ.77 ผลการไทเทรตจากเครื่อง Desktop pH meter วันที่ 7

ml	pH	dpH/dml	ml	pH	dpH/dml
0.000	2.60		2.570	5.07	4.00
0.100	2.70	0.95	2.590	5.15	4.25
0.200	2.79	0.95	2.610	5.24	4.50
0.300	2.89	0.90	2.630	5.33	5.50
0.400	2.97	0.85	2.640	5.39	5.50
0.500	3.06	0.85	2.650	5.44	4.50
0.600	3.14	0.80	2.660	5.48	6.00
0.700	3.22	0.70	2.670	5.56	6.50
0.800	3.28	0.65	2.680	5.61	5.00
0.900	3.35	0.75	2.690	5.66	5.50
1.000	3.43	0.65	2.700	5.72	6.00
1.100	3.48	0.60	2.710	5.78	4.00
1.200	3.55	0.65	2.720	5.80	5.00
1.300	3.61	0.70	2.730	5.88	6.50
1.400	3.69	0.70	2.740	5.93	4.00
1.500	3.75	0.60	2.750	5.96	4.50
1.600	3.81	0.65	2.760	6.02	4.00
1.700	3.88	0.70	2.770	6.04	2.50
1.800	3.95	0.80	2.780	6.07	5.50
1.900	4.04	0.85	2.790	6.15	6.00
2.000	4.12	0.85	2.800	6.19	5.00
2.100	4.21	1.00	2.810	6.25	5.50
2.200	4.32	1.20	2.820	6.30	6.50
2.300	4.45	1.40	2.830	6.38	6.50
2.400	4.60	1.95	2.840	6.43	4.50
2.500	4.84	2.80	2.850	6.47	6.00
2.550	4.99	3.71	2.860	6.55	8.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ml	pH	dpH/dml
2.870	6.64	10.50
2.880	6.76	8.50
2.890	6.81	4.50
2.900	6.85	7.50
2.910	6.96	9.50
2.920	7.04	7.00
2.930	7.10	10.50
2.940	7.25	10.50
2.950	7.31	8.00
2.960	7.41	11.50
2.970	7.54	9.50
2.980	7.60	11.50
2.990	7.77	11.50
3.000	7.83	23.33
3.005	7.99	32.00
3.010	8.15	33.00
3.015	8.32	31.00
3.020	8.46	19.00
3.025	8.51	14.00
3.030	8.60	16.00
3.035	8.67	15.00
3.040	8.75	14.00
3.045	8.81	10.00
3.050	8.85	7.00
3.055	8.88	8.00
3.060	8.93	10.00
3.065	8.98	8.00

ml	pH	dpH/dml
3.070	9.01	6.67
3.080	9.09	6.50
3.090	9.14	5.33
3.110	9.26	4.00
3.130	9.30	2.46
3.180	9.48	3.30
3.230	9.63	2.50
3.280	9.73	2.20
3.330	9.85	2.20
3.380	9.95	2.00
3.430	10.05	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[1] D. C. a. M. M. R. Gehr, "Performic acid (PFA): tests on an advanced primary effluent show promising disinfection performance," Water Science and Technology, vol. 59, pp. 89-96, 2009.

[2] P. D. J. Shekar M. Gaikwad , Bharat A. Bhanvase , Abhijeet Kulkarni , Vilas S. Patil , Makarand S. Pimplapure , Srinath Suranani EMAIL logo , Irina Potoroko , Shirish H. Sonawane EMAIL logo and Shriram S. Sonawane, "Process intensification for continuous synthesis of performic acid using Corning advanced-flow reactors," Green Processing and Synthesis, vol. 6, pp. 189-196, 2017.

[3] ธ. มงคลศรี, "เมื่อกรดเปอร์ฟอร์มิก (Performic acid) ระเบิด," in MO Memoir : Memoirs of Metal Oxide Catalyst Research Group vol. 2023, ed. http://tamagozzilla.blogspot.com/2022/09/performic-acid-mo-memoir-monday-5.html, 2565.

[4] J. W. Yuchen Bai, Dehua Liu, Xuebing Zhao, "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, vol. 259, pp. 1-12, 2020.

[5] V. R. R. T. E. Santacesaria, R. Turco, and M.D. Serio, "Kinetics of Performic Acid Synthesis and Decomposition," Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 56, pp. 12940-12952, 2017.

[6] B. A. B. P. D. Jolhe, V. S. Patil, S. H. Sonawane, and I. Potoroko, "Ultrasound assisted synthesis of performic acid in a continuous flow microstructured reactor," Ultrasonics Sonochemistry, vol. 39, pp. 153-159, 2017.

[7] J. I. d. a. L. Erdey, "The role of perhydroxyl ions in the reactions of hydrogen peroxide," Periodica Polytechnica Chemical Engineering, vol. 6, pp. 195-202, 1962.

[8] "ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์." วิกิพีเดีย. (accessed 26 February, 2023).

[9] J. X. CHEN, and C. SHING, "Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions," The Journal of Prosthetic Dentistry, vol. 69, pp. 46-48, 1993.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[10] M. W. Mcmillen, "Stabilized hydrogen peroxide," Patent EP0351772A2 Patent Appl. 89113144.3 1989.

[11] ก. ศ. M. Database. "Hydrogen peroxide." (accessed 26 February, 2023).

[12] ศ. ด. น. ร. ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. "Hydrogen peroxide / ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์." Food Network Solution ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. (accessed 26 february, 2023).

[13] "กรดฟอร์มิก." วิกิพีเดีย. (accessed 26 February, 2023).

[14] "กรดฟอร์มิกมีคุณสมบัติและการใช้งานอย่างไร?," in PPC Group vol. 2023, ed. https://www.products.pcc.eu/th/blog/%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%94%E0%B8%9F%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%84%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B9%81/.

[15] "Formic acid." Wikipedia. (accessed 26 February, 2023).

[16] "Performic acid." Wikipedia. (accessed 26 February, 2023).

[17] S. S. Yadagiri Maralla, "Process intensification using a spiral capillary microreactor for continuous flow synthesis of performic acid and it's kinetic study," Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, vol. 125, pp. 67-73, 2018.

[18] X. Z. Xiaoying SUN, Wei DU, Dehua LIU, "Kinetics of Formic Acid-autocatalyzed Preparation of Performic Acid in Aqueous Phase," Chinese Journal of Chemical Engineering, vol. 19, pp. 964-971, 2011.

[19] V. R. Tommaso Cogliano, Rosa Turco, Elio Santacesaria, Martino Di Serio, Tapio Salmi, Riccardo Tesser, "Revealing the role of stabilizers in H2O2 for the peroxyformic acid synthesis and decomposition kinetics," Chemical Engineering Science, vol. 251, p. 117488, 2022.

[20] E. K. Fatemeh Ebrahimi, Ilkka Turunen, "Heterogeneously catalyzed synthesis of performic acid in a microstructured reactor," Chemical Engineering Journal, vol. 179, pp. 312-317, 2012.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[21] M. S. Paolo De Filippis, and Nicola Verdone*, "Peroxyformic Acid Formation: A Kinetic Study," Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 48, pp. 1372-1375, 2009.

[22] Z. C. Vladimír Mošovský, Alexander Kaszonyi, Milan Králik, Milan Hronec, "Kinetics of Formation of Peroxyformic Acid," Collection of Czechoslovak Chemical Communications, vol. 61, pp. 1457-1463, 1996.

[23] R. S. L. a. W. C. Bray, "THE CATALYTIC DECOMPOSITION OF HYDROGEN PEROXIDE IN AN ACID CHLORINE-CHLORIDE SOLUTION," Journal of the American Chemical Society, vol. 47, pp. 2069-2082, 1925.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวณัฏฐณิชา วิปัชชา
วัน เดือน ปี เกิด	5 พฤศจิกายน 2541
สถานที่เกิด	มหาสารคาม
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) และได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมเคมี จากมหาวิทยาลัยศิลปากร ในปี พ.ศ. 2564
ที่อยู่ปัจจุบัน	901/388 อาคาร B โครงการ Unio จรัญสนิทวงศ์ ซอย 3 แขวงวัดท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กทมฯ 10600

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY