การวิเคราะห์ปริมาณและผลของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม ในกากน้ำตาลอ้อยต่อการหมักเอธานอลด้วยยีสต์

นายยุทธพงษ์ ประถมจินดา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974 - 638 - 891 - 6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

26 พ.ค. 2548
I 20503193

QUANTITATIVE ANALYSIS AND EFFECTS OF QUATERNARY AMMONIUM COMPOUNDS IN CANE MOLASSES FOR ETHANOL FERMENTATION BY YEAST

Mr. Yuttapong Prathomjinda

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Biotechnology

Programme of Biotechnology

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974 - 638 - 891 - 6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ปริมาณและผลของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในกากน้ำตาลอ้อยต่อการหมักเอธานอลด้วยยีสต์
โดย	นายยุทธพงษ์ ประถมจินดา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ยุทธพงษ์ ประถมจินดา : การวิเคราะห์ปริมาณและผลของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในกากน้ำตาลอ้อยต่อการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ (QUANTITATIVE ANALYSIS AND EFFECTS OF QUATERNARY AMMONIUM COMPOUNDS IN CANE MOLASSES FOR ETHANOL FERMENTATION BY YEAST) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง, 125 หน้า. ISBN 974 - 638 - 891 - 6

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในกากน้ำตาลอ้อย พบว่ามีสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมที่ใช้เติมในน้ำอ้อย เพื่อควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตน้ำตาลตกค้างเหลืออยู่ในกากน้ำตาล โดยกากน้ำตาลจากโรงงาน A 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม 3.66 ไมโครกรัม ส่วนกากน้ำตาลจากโรงงาน B, C และ D มีปริมาณสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม 4.38 , 2.89 และ 6.73 ไมโครกรัม ตามลำดับ จากการศึกษาผลของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม ต่อการเจริญและการหมักเอธานอลด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces* sp. ในกากน้ำตาลเจือจางให้มีความเข้มข้นของกากน้ำตาลพอเหมาะสำหรับการหมักเอธานอล คือประมาณ 20 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมมากกว่า 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในอาหารกากน้ำตาลจึงมีผลยับยั้งการเจริญและการหมักแอลกอฮอล์ สำหรับการลดปริมาณสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในกากน้ำตาลด้วยอุณหภูมิที่ช่วงเวลาต่างๆ พบว่าสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมจะสลายตัวด้วยความร้อนแต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้ามาก โดยมีค่าคงที่ของอัตราของการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.0021, 0.0035 และ 0.0054 $(นาที)^{-1}$ ตามลำดับ ดังนั้นจึงต้องใช้อุณหภูมิสูง และเวลานานกว่าสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมจะสลายตัว โดยมีค่าการลดลงครึ่งหนึ่งของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลาเท่ากับ 330, 198 และ 128.4 นาที ตามลำดับ

ภาควิชา .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

การพิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C727152 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD: QUATERNARY AMMONIUM COMPOUND / ETHANOL FERMENTATION / CANE MOLASSES

YUTTAPONG PRATHOMJINDA : QUANTITATIVE ANALYSIS AND EFFECTS OF QUATERNARY AMMONIUM COMPOUNDS IN CANE MOLASSES FOR ETHANOL FERMENTATION BY YEAST. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D. AND THESIS CO-ADVISOR : VASANA TOLIENG, M.Sc. 125 pp. ISBN 974 - 638 - 891 - 6

Quaternary ammonium compound which was added in raw juice for controlling microorganisms in sugar cane process of sugar factory, was left as residue in cane molasses. Analysis for quaternary ammonium salts in cane molasses revealed that 1 g of molasses from factories namely A, B, C and D contained 3.66, 4.38, 2.89 and 6.73 μg, respectively. The effect of quaternary ammonium salts on growth and ethanol fermentation of *Saccharomyces* sp. was studied in 20 % (w/v) diluted molasses. It was found that media of molasses with more than 50 μg/ml of quaternary ammonium salts added could inhibit yeast growth and ethanol fermentation. Reduction of quarternary ammonium salts in molasses was investigated under various heating temperatures and times. It was found that the quaternary ammonium salts, decomposed under heating. Rate constant of decomposing reaction at 100 ^{0}C, 110 ^{0}C and 121 ^{0}C were 0.0021, 0.0035 and 0.0054 $(min)^{-1}$, respectively. Half life for decaying at 100 ^{0}C, 110 ^{0}C and 121 ^{0}C were found to be 330, 198 and 128.4 min, respectively.

ภาควิชา..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม วาสนา โตเลี้ยง

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต ซึ่งสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผศ. ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์วาสนา โตเลี้ยง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ. ดร. อมร เพชรสม ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้ความช่วยเหลือตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณ รศ. ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและแนวคิดที่สำคัญยิ่งต่อการทำวิจัย รวมทั้งช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ ที่กรุณาให้คำแนะนำ แนวทางในการทำวิจัย และ รศ. ดร. นลิน นิลอุบล ที่กรุณาให้คำแนะนำ และขอขอบพระคุณ คณะผู้บริหารสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมี และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณถกล ถวิลเติมทรัพย์ คุณพินิพัฒน์ หารนวโชค คุณขจร เทพย์ปฏิภัธน์ คุณบวร เจริญมิตร คุณสงวนศรี เจริญเหรียญ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์กากน้ำตาลในการทำวิจัย บริษัท เฮกซ่าไทยแลนด์ จำกัด บริษัท เฟอร์โรเคมีคอล จำกัด บริษัท วิศวกรรมเคมี จำกัด บริษัท เวลแมน จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สารเคมีในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณณรงค์ หอมจันทร์ คุณเลอศักดิ์ พร้อมสงฆ์ คุณทิพวรรณ ว่องวิวิธกุล ที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ต่าง ๆ ในการทำวิจัย รวมทั้งนักวิจัย และเจ้าหน้าที่ห้องธุรการประจำสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพฯ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณจิรวรรณ อภิรักษากร ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ พี่ เพื่อน และน้อง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ชีววิทยา เคมี เทคโนโลยีชีวภาพ และ Aggie ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ ศ. ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยมาตลอด และ ศ. ดร. พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ ที่ให้กำลังใจอันสำคัญยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ ให้ความรักและผูกพัน เข้าใจผู้วิจัยเสมอมา และพี่ชายน้องชายที่ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจอันมีค่าต่อผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ความดีในการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต ขออุทิศแด่คุณย่าที่เป็นที่รักยิ่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญรูป ..... ถ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ป

1. บทนำ

1.1 กากน้ำตาลอ้อย 1

1.2 องค์ประกอบ และคุณสมบัติทางเคมีของกากน้ำตาล 4

1.3 จุลินทรีย์ที่สำคัญในกระบวนการหมัก 8

1.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักยีสต์เพื่อผลิตแอลกอฮอล์ 10

1.5 ผลของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม 11

1.6 จลนพลศาสตร์เคมี 14

1.7 มูลเหตุจูงใจ 18

1.8 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 18

1.9 ขอบเขตของงานวิจัย 18

2. วิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 19

2.2 กากน้ำตาลที่ใช้ในงานวิจัย 21

2.3 เชื้อจุลินทรีย์ การเก็บรักษา และการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง 21

2.4 วิธีดำเนินงานวิจัย 22

2.5 วิธีการวิเคราะห์ 25

3. ผลการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทั่วไปของกากน้ำตาลที่นำมาใช้ในการทดลอง 30

3.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทั่วไปของกากน้ำตาล 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 การวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน (N) คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และซัลเฟอร์ (S) โดยเครื่อง Elemental Analyzer (NA 2000) 32
3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม 33
3.2.1 การหาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง QAC กับโบรโมฟีนอลบลู 33
3.2.2 การสร้างกราฟมาตรฐานของสาร QAC ที่เติมในน้ำขจัดไอออน 34
3.2.3 การทดสอบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ที่ใช้ในโรงงานน้ำตาล 36
3.2.4 การศึกษาความเที่ยงในการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่คำนวณได้ 38
3.2.5 การศึกษาอิทธิพลของสีต่อการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC 40
3.2.6 การทดสอบวิธีวิเคราะห์โบรโมฟีนอลบลูกับสารลดแรงตึงผิว 43
3.2.7 การศึกษาอิทธิพลที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ของกากน้ำตาลต่อการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC 45
3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาล 49
3.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน A 51
3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน B 52
3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน C 54
3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน D 55
3.4 การประเมินผลยับยั้งของสาร QAC ต่อการเจริญและการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ *Saccharomyces* sp. 57
3.4.1 การศึกษาลักษณะการเจริญของยีสต์ *Saccharomyces* sp. ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ 57
3.4.2 การศึกษาการเจริญและการหมักเอธานอลจากอาหารกากน้ำตาล ด้วยยีสต์ *Saccharomyces* sp. 59
3.4.3 การศึกษาผลยับยั้งของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมต่อการเจริญ และการหมักเอธานอลจากกากน้ำตาลด้วยยีสต์ *Saccharomyces* sp. 62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสารประกอบควอเทอร นารีแอมโมเนียม 70
3.5.1 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ที่เติม ในน้ำขจัดไอออน 70
3.5.2 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ที่เติม ในกากน้ำตาล 74
3.5.2.1 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ที่เติมในกากน้ำตาล จากโรงงาน A 74
3.5.2.2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ที่เติมในกากน้ำตาล จากโรงงาน B 77
3.5.2.3 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ที่เติมในกากน้ำตาล จากโรงงาน C 80
3.5.2.4 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ที่เติมในกากน้ำตาล จากโรงงาน D 83
3.6 การศึกษาค่าทางจลนพลศาสตร์เคมี ของการเปลี่ยนแปลงสารประกอบควอเทอร์ นารีแอมโมเนียม 86
3.6.1 ศึกษาค่าทางจลนพลศาสตร์เคมีของการเปลี่ยนแปลงสารประกอบ ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในน้ำขจัดไอออน 86
3.6.1.1 ศึกษาค่าการลดลงครึ่งหนึ่งของปฏิกิริยา (half-life) 89
3.6.1.2 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา 90
3.6.2 ศึกษาค่าทางจลนพลศาสตร์เคมีของการเปลี่ยนแปลงสารประกอบ ควอเทอร์นารีแอมโมเนียมในสารละลายกากน้ำตาล 92
3.6.2.1 ศึกษาค่าการลดลงครึ่งหนึ่งของปฏิกิริยา 95
3.6.2.2 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา 95
3.7 การศึกษาการลดปริมาณของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมใน กากน้ำตาล โดยการปั่นแยกตะกอนออก 97
3.7.1 การลดปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน A โดย การปั่นแยกตะกอน 97

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7.2 การลดปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน B โดยการปั่นแยกตะกอน 99
3.7.3 การลดปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน C โดยการปั่นแยกตะกอน 101
3.7.4 การลดปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน D โดยการปั่นแยกตะกอน 103
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 105
รายการอ้างอิง 110
ภาคผนวก
ก. สูตรอาหารที่ใช้ในงานวิจัย 115
ข. การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 116
ค สูตรการคำนวณค่าทางสถิติ 119
ง. กราฟมาตรฐาน 122
ประวัติผู้เขียน 125

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ปริมาณการผลิตกากน้ำตาลของประเทศไทย 3
2 การส่งออกกากน้ำตาลของประเทศไทย 3
3 ราคาจำหน่ายกากน้ำตาลภายในประเทศ และต่างประเทศ 4
4 ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของกากน้ำตาลในประเทศ 7
5 คุณลักษณะทางเคมีของกากน้ำตาล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 7
6 เปรียบเทียบคุณสมบัติทั่วไปของกากน้ำตาลที่ใช้ในการทดลอง 30
7 เปรียบเทียบธาตุ N, C, H และ S ในกากน้ำตาล วิเคราะห์โดยเครื่อง Elemental Analyzer (NA 2000) 32
8 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน QAC ที่เติมในน้ำขจัดไอออน 34
9 ค่าการดูดกลืนแสงของ Hexemine X-100 ® ในน้ำขจัดไอออน 37
10 เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐาน QAC ที่เติมในน้ำขจัดไอออนที่มีสาร QAC อยู่ก่อนในปริมาณ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 38
11 ความเข้มข้นของสาร QAC ที่คำนวณจากการนำค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร ในน้ำขจัดไอออนที่มีสาร QAC อยู่ก่อนในปริมาณ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มาแทนในสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X 39
12 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสาร QAC ที่เติมในสารละลายคาราเมล 42
13 เปรียบเทียบผลของความเข้มข้นกากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ ต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร 46
14 เปรียบเทียบผลของความเข้มข้นกากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ ต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร 47
15 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐาน QAC ที่เติมในสารละลายกากน้ำตาลเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (กากน้ำตาลจากโรงงาน A) 51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐาน QAC ที่เติมในสารละลายกากน้ำตาลเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (กากน้ำตาลจากโรงงาน B)	52
17	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐาน QAC ที่เติมในสารละลายกากน้ำตาลเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (กากน้ำตาลจากโรงงาน C)	54
18	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐาน QAC ที่เติมในสารละลายกากน้ำตาลเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลตร (กากน้ำตาลจากโรงงาน D)	55
19	เปรียบเทียบปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลแต่ละโรงงาน	56
20	น้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ *Saccaromyces* sp. ในอาหารเหลวสำหรับเตรียมหัวเชื้อที่ระยะเวลาต่าง ๆ	57
21	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง จำนวนเซลล์ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอล ที่ผลิตโดยยีสต์ *Saccharomyces* sp. ในการหมักเอธานอลจากอาหารกากน้ำตาล โดยทำการหมักในสภาพ static culture ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระดับขวดชมพู่ที่ปิดจุกด้วยสำลี	60
22	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอล ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลชุดควบคุม	63
23	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอล ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลที่เติมสาร QAC 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	64
24	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอล ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลที่เติมสาร QAC 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	65
25	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอล ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลที่เติมสาร QAC 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร ระหว่างน้ำขจัดไอออน เติมสาร QAC กับน้ำขจัดไอออนที่เติม QAC แล้วนำไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 และ 30 นาที	71
27	ความเข้มข้นของสาร QAC จากการคำนวณตามสมการ Y = - 0.1279 + 0.0917X	71
28	เปรียบเทียบค่าความชันของสมการถดถอยเชิงเส้นตรงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC	72
29	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน A ที่เติมสาร QAC ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ แล้วนำไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 และ 30 นาที	74
30	ความเข้มข้นของสาร QAC ที่คำนวณโดยการนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาแทนตามสมการ Y = -0.1279 + 0.0917X	75
31	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน B ที่เติมสาร QAC ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ แล้วนำไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 และ 30 นาที	77
32	ความเข้มข้นของสาร QAC ที่คำนวณโดยการนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาแทนตามสมการ Y = -0.1279 + 0.0917X	77
33	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน C ที่เติมสาร QAC ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ แล้วนำไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 และ 30 นาที	80
34	ความเข้มข้นของสาร QAC ที่คำนวณโดยการนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาแทนตามสมการ Y = -0.1279 + 0.0917X	80
35	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน D ที่เติมสาร QAC ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ แล้วนำไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 และ 30 นาที	83
36	ความเข้มข้นของสาร QAC ที่คำนวณโดยการนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาแทนตามสมการ Y = -0.1279 + 0.0917X	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
37	เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาต่าง ๆ ต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร ของสาร QAC ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในน้ำขจัดไอออน	86
38	เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาต่าง ๆ ต่อการลดปริมาณของสาร QAC ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	87
39	เปรียบเทียบค่า ln (c_0/c) ของสาร QAC ที่เติมในน้ำขจัดไอออน ที่อุณหภูมิและช่วงเวลาต่าง ๆ	88
40	แสดงความสัมพันธ์ของค่าส่วนกลับของอุณหภูมิในองศาสัมบูรณ์ (1/T) กับ ln k ในสมการ Arrhenius	90
41	เปรียบเทียบผลของความร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาต่าง ๆ ต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตร ของสาร QAC ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายกากน้ำตาล	92
42	เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาต่าง ๆ ต่อปริมาณสาร QAC ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายกากน้ำตาล	93
43	เปรียบเทียบค่า ln (c_0/c) ของสาร QAC ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายกากน้ำตาลที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาต่าง ๆ	93
44	แสดงความสัมพันธ์ของค่าส่วนกลับของอุณหภูมิในองศาสัมบูรณ์ (1/T) กับ ln k ในสมการ Arrhenius	96
45	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน A ที่เติมสาร QAC ในความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่นำไปปั่นแยกตะกอน	97
46	เปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร QAC จากการคำนวณ ระหว่างสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน A ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่ปั่นแยกตะกอน	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
47	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน B ที่เติมสาร QAC ในความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่นำไปปั่นแยกตะกอน	99
48	เปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร QAC จากการคำนวณ ระหว่างสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน B ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่ปั่นแยกตะกอน	99
49	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน C ที่เติมสาร QAC ในความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่นำไปปั่นแยกตะกอน	101
50	เปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร QAC จากการคำนวณ ระหว่างสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน C ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่ทำการปั่นแยกตะกอน	101
51	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน D ที่เติมสาร QAC ในความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่นำไปปั่นแยกตะกอน	103
52	เปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร QAC จากการคำนวณระหว่างสารละลายกากน้ำตาลจากโรงงาน D ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนกับที่ปั่นแยกตะกอน	103
ข-1.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอธานอล (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าสัดส่วนเฉลี่ยของพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายเอธานอลที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ หารด้วยพื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานภายใน	118
ค-1.	การคำนวณสมการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ QAC ที่เติมในน้ำขจัดไอออนกับค่าการดูดกลืนแสง	120
ง-1.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร	122
ง-2.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร	123

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยในโรงงานน้ำตาล 2
2 ส่วนประกอบของกากน้ำตาลอ้อย 6
3 วิถีไกลโคไลซีส หรือ Embden-Meyerhof-Parnar pathway ของกระบวนการหมัก 9
4 สูตรโครงสร้างทั่วไปของ quaternary ammonium compounds (QAC) 12
5 เปรียบเทียบคุณสมบัติทั่วไปของกากน้ำตาลที่ใช้ในการทดลอง 31
6 การตรวจหาช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC 33
7 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์หาปริมาณ QAC ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เติมในน้ำขจัดไอออน 35
8 การตรวจหาช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในน้ำขจัดไอออนที่เติม Hexemine X-100® 36
9 กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร Hexemine X-100® ที่เติมในน้ำขจัดไอออน 37
10 เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงระหว่างสารละลายมาตรฐาน QAC ที่เติมในน้ำขจัดไอออนกับน้ำขจัดไอออนที่มี QAC อยู่ก่อนในปริมาณ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 39
11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น QAC ที่เติม (μg/ml) กับความเข้มข้น QAC ที่คำนวณ (μg/ml) 40
12 การตรวจหาช่วงความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ที่เติมในสารละลายคาราเมล 41
13 กราฟผลการวิเคราะห์หาปริมาณ QAC ที่เติมในสารละลายคาราเมล 42
14 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผงซักฟอก ซันไลต์® และ tween 80 เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณ QAC ด้วยวิธีโบรโมฟีนอลบลู ที่ช่วงความยาวคลื่น 200 - 700 นาโนเมตร 44
15 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของกากน้ำตาลจากโรงงาน A ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ที่มีต่อการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาล 45
16 ผลของความเข้มข้นกากน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC 46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
17	แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ของกากน้ำตาลจากโรงงาน B ต่อการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาล	47
18	ผลของความเข้มข้นกากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC	48
19	แผนผังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาล	49
20	การตรวจหาช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 - 700 นาโนเมตร จากการวิเคราะห์หาปริมาณ QAC ในตัวอย่างกากน้ำตาล	49
21	แผนผังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาล โดยเทคนิค standard addition curve	50
22	การตรวจหาช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 -700 นาโนเมตร จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ที่เติมลงในตัวอย่างกากน้ำตาล โดยเทคนิค standard addition curve	50
23	กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในตัวอย่างกากน้ำตาลจากโรงงาน A ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเทคนิค standard addition	51
24	กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในตัวอย่างกากน้ำตาลจากโรงงาน B ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเทคนิค standard addition	53
25	กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในตัวอย่างกากน้ำตาลจากโรงงาน C ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเทคนิค standard addition	54
26	กราฟแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในตัวอย่างกากน้ำตาลจากโรงงาน D ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเทคนิค standard addition	56
27	ลักษณะการเจริญของยีสต์ *Saccharomyces* sp. ในอาหารเหลว สำหรับเตรียมหัวเชื้อที่ระยะเวลาต่าง ๆ	58
28	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอลที่ผลิตโดยยีสต์ *Saccharomyces* sp. จากอาหารกากน้ำตาล โดยทำการหมักในสภาพ static culture ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระดับขวดชมพู่ที่ปิดจุกด้วยสำลี	61
29	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ ปริมาณเอธานอลที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลชุดควบคุม	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
30	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอลที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลที่มีสาร QAC 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	67
31	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอลที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลที่มีสาร QAC 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	68
32	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ และปริมาณเอธานอลที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในการหมักเอธานอลด้วยยีสต์ จากอาหารกากน้ำตาลที่มีสาร QAC 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	68
33	ผลของสาร QAC ต่อการเจริญ และการหมักเอธานอล จากอาหารกากน้ำตาลที่เติมสาร QAC ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	69
34	กราฟผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อความเข้มข้นของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	72
35	กราฟผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ในน้ำขจัดไอออน โดยเปรียบเทียบค่าความชันจากสมการถดถอยในรูปที่ 34	73
36	กราฟผลของอุณหภูม 110 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	75
37	กราฟแสดงผลของอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	76
38	กราฟแสดงผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน A โดยเปรียบเทียบความชันของสมการถดถอยจากรูปที่ 36 และ 37	76
39	กราฟผลของอุณหภูม 110 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	78
40	กราฟผลของอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	78
41	กราฟผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาล จากโรงงาน B โดยเปรียบเทียบความชันของสมการถดถอยจากรูปที่ 38 และ 39	79

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
42	กราฟผลของอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	81
43	กราฟผลของอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	81
44	กราฟผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน C โดยเปรียบเทียบความชันของสมการถดถอยจากรูปที่ 42 และ 43	82
45	กราฟผลของอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QAC ที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	84
46	กราฟผลของอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร QACที่ได้จากการคำนวณตามสมการมาตรฐาน Y = -0.1279 + 0.0917X	84
47	กราฟผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณสาร QAC ในกากน้ำตาลจากโรงงาน D โดยเปรียบเทียบความชันของสมการถดถอยจากรูปที่ 45 และ 46	85
48	กราฟค่า ln (c_0/c) ของน้ำขจัดไอออนที่เติมสาร QAC ที่อุณหภูมิ 100,110 และ 121 องศาเซลเซียสและช่วงเวลาต่าง ๆ	88
49	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของอุณหภูมิในองศาสัมบูรณ์กับ ln k ตามสมการ Arrhenius	91
50	กราฟแสดงค่า ln (c_0/c) ของสาร QAC 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายกากน้ำตาล	94
51	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของอุณหภูมิในองศาสัมบูรณ์กับ ln k ตามสมการ Arrhenius	96
52	กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน A ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนออกกับที่ปั่นแยกตะกอนออกแล้ว	98
53	กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน B ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนออกกับที่ปั่นแยกตะกอนออกแล้ว	100
54	กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน C ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนออกกับที่ปั่นแยกตะกอนออกแล้ว	102
55	กราฟการวิเคราะห์หาปริมาณสาร QAC ในสารละลายกากน้ำตาล จากโรงงาน D ที่ไม่ปั่นแยกตะกอนออกกับที่ปั่นแยกตะกอนออกแล้ว	104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข-1	กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณเอธานอล	118
ง-1	กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณน้ำตาลซูโครส ในช่วงความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 0.0 - 1.0 กรัมต่อลิตร	122
ง-2	กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในช่วงความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโครส 0.0 -1.0 กรัมต่อลิตร	123
ง-3	ลักษณะโครมาโตแกรมของเอธานอล เมื่อใช้โพรพานอลเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบภายในวิเคราะห์ด้วยเครื่องแกสโครมาโทกราฟี (GC)	124

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

%	=	เปอร์เซ็นต์
%(w/w)	=	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก
%(w/v)	=	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
g	=	กรัม
µg	=	ไมโครกรัม
ml	=	มิลลิลิตร
มล.	=	มิลลิลิตร
มก.	=	มิลลิกรัม
นน.	=	น้ำหนัก
min^{-1}	=	ต่อนาที
s^{-1}	=	ต่อวินาที
k	=	ค่าคงที่ของอัตราการสลายตัวของสาร QAC
$t_{½}$	=	ค่าการลดลงครึ่งหนึ่งของปฏิกิริยา
Ea	=	ค่าพลังงานกระตุ้น
^{0}C	=	องศาเซลเซียส
pH	=	ค่าความเป็นกรด - ด่าง
GC	=	เครื่องแกสโครมาโทกราฟฟี
QAC	=	สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม