ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ก.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน

ก.1.1. ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของไคโตซาน

วิเคราะห์ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของไคโตซาน โดยวิธี colloid titration

เครื่องมือ อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ 25 ml.
2. กระบอกตวง 50 ml.
3. บิวเรต 25 ml.
4. ปิเปต 5 ml.
5. หลอดหยด
6. ขวดวัดปริมาตร 25 ml.

สารเคมี

1. สารละลาย 1-n-Hexadecylpyridinium Cholide Monohydrate (CPC) (12.5 ml. ในสารละลายกรดอะซีติก 0.1 M 25 ml. หรือ ประมาณ 0.05% w/v)
2. สารละลายเกลือ potassium ของ polyvinyl sulfate (PVSK) (25 ml. ในน้ำ 50 ml. หรือ ประมาณ 1/400 N)
3. สารละลายอินดิเคเตอร์ 0.1% toludine blue
4. สารละลายไคโตซานตัวอย่าง 1 (ประมาณ 10 mg.ในสารละลายกรดอะซีติก 0.1 M 25 ml. หรือประมาณ 0.04% w/v)

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียม blank

1.1 ปิเปตสารละลายกรดอะซีติก 0.1 M 5 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มล.

1.2 หยด 0.1% toludine blue 1-2 หยด จะได้สารละลายสีฟ้า

1.3 ไทเทรตด้วย PVSK จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงและมีตะกอน

1.4 บันทึกปริมาตร PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต และทำซ้ำอีก 2 ครั้ง

2. การหาความเข้มข้นของ PVSK

2.1 ปิเปตสารละลาย 1-n- Hexadecylpyridinium Chloride Monohydrate 5 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มล.

2.2 หยด 0.1% toludine blue 1-2 หยด จะได้สารละลายสีฟ้า

2.3 ไทเทรตด้วย PVSK จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงและมีตะกอน

2.4 บันทึกปริมาตร PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต และทำซ้ำอีก 2 ครั้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คำนวณความเข้มข้นของ PVSK จากสูตร

N = 50 * C7358 D .....(ก.1)

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของ PVSK หน่วยเป็น N

C คือ ความเข้มข้นของ 1-n- Hexadecylpyridinium Chloride Monohydrate หน่วยเป็น %

D คือ ผลต่างของปริมาตรที่ได้จากการไทเทรต 1-n- Hexadecylpyridinium Chloride Monohydrate และ Blank

3. การวิเคราะห์ระดับการกำจัดหมู่อะซีติล

3.1 ปิเปตสารละลายไคโตซานตัวอย่าง 5 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มล.

3.2 หยด 0.1% toludine blue 1-2 หยด จะได้สารละลายสีฟ้า

3.3 ไทเทรตด้วย PVSK จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงและมีตะกอน

3.4 บันทึกปริมาตร PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต และทำซ้ำอีก 2 ครั้ง

คำนวณ ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของไคโตซาน แสดงได้ดังสมการ

% DA= 100 * (50C-161ND)/(42ND+50C) .....(ก.2)

เมื่อ DA คือ ระดับอะซีติลของไคโตซาน หน่วยเป็น %

N คือ ความเข้มข้นของ PVSK หน่วยเป็น N

D คือ ผลต่างของปริมาตรที่ได้จากการไทเทรตไคโตซาน และ Blank

C คือ ความเข้มข้นของไคโตซานเป็นเปอร์เซ็นต์

%DD = 100 - %DA .....(ก.3)

ก.1.2. วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน

วิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน โดยวิธี intrinsic viscosity

เครื่องมือ และ อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด
2. เครื่องชั่งละเอียด
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก
4. จุกยาง
5. บิวเรต
6. ขวดวัดปริมาตร 50 ml.
7. นาฬิกาจับเวลา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารเคมี

1. กรดอะซีติก
2. โซเดียมคลอไรด์

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียม stock solution ของไคโตซาน

1.1 เตรียมสารละลายผสมระหว่างกรดอะซีติก 0.1 M และโซเดียมคลอไรด์ 0.2 M

1.2เตรียม stock solution ของไคโตซานเข้มข้น $7.6 * 10^{-3}$ g/ml. ปริมาตร 50 ml. (C_1) โดยชั่งผงไคโตซาน 0.038 g. ละลายในกรดอะซีติก 1 M 5 ml. เติมน้ำกลั่น 30 ml. แล้วคนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นเติม โซเดียมคลอไรด์ 1M 10 ml. แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 ml. แล้วคนต่อไปอีกเป็นเวลา 1 คืน

1.3 นำ Stock solution มาทำการเจือจางด้วยตัวทำละลายผสมในข้อ 1 ให้ได้ความเข้มข้น $2.53*10^{-4}$ g/ml. (C_4) โดยปิเปต Stock solution มา 5 ml. เติมตัวทำละลายผสมในข้อ 1 ปริมาตร 10 ml. (ปริมาตรรวมเป็น 15 ml.)

2. การวัดความหนืด

ปิเปตสารละลายผสม 3 ml. เติมลงใน Ostwald vicometer (C_0) ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้จุกยางดูดสารละลายขึ้นมาให้เหนือจุด a เล็กน้อย ปล่อยจุกยาง บันทึกเวลาที่สารละลายเคลื่อนจาก ถึง 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย

ปิเปตสารละลาย C_1 ปริมาตร 3 ml. ลงใน Ostwald vicometer ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 1

เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น $5.43 * 10^{4}$ g/ml (C_2) โดยนำ stock solution (C_1) 5 ml. เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 2 ml. ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น $3.80 * 10^{4}$ g/ml (C_3) โดยนำ Stock solution (C_1) 5 ml. เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 5 ml. ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

ปิเปตสารละลาย C_4 ปริมาตร 3 ml. ลงใน Ostwald vicometer ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 1

เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น $1.81 * 10^{4}$ กรัมต่อลิตร (C_5) โดยนำ stock solution (C_1) 5 ml. เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 2 ml. ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น $1.26 *10^{4}$ g/ml (C_6) โดยนำ Stock solution (C_1) 5 ml. เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 5 ml. ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นกับ η_{sp}/C นำจุดตัดแกน y

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มาคำนวณหามวลโมเลกุล (M_v)

โดยกำหนดให้ relative viscocity ; η r $\approx t_{solution} / t_{solvent}$

specific viscosity ; $\eta_{SP} = \eta$ r-1

intrinsic viscosity;$[\eta] = \eta_{sp} (C = O)$

$t_{solution}$ และ $t_{solution}$ คือ ระยะเวลาที่ตัวทำละลายและสารละลายเคลื่อนที่

การคำนวณ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน แสดงได้ดังสมการที่ ก.4

$$[\eta] = KM_v^a \quad \text{.....(ก.4)}$$

เมื่อ M_v คือ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน (ดาลตัน)

$[\eta]$ คือ จุดตัดแกน y

K คือ $1.8*10^{-3}$ กรัมต่อมล.

a คือ 0.93

ก.2. การวิเคราะห์การติดตามผลการตกตะกอนส่วนใส

ก.2.1. การวิเคราะห์ความขุ่น

เครื่องมือ อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความขุ่น

สารเคมี

1. น้ำกลั่น

2. สารละลายความขุ่นมาตรฐาน

- สารละลายที่ 1 ละลาย 1.00 กรัมไฮดราซีนซัลเฟต $(NH_2)_2.H_2SO_4$ ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางจนครบ 100 มิลลิลิตร เตรียมใหม่ทุก 6 เดือน

- สารละลายที่ 2 ละลาย 10.000 กรัม เฮซาเมธีลลีนเตตรามีน $(CH_2)6N_4$ ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนครบ 100 มิลลิลิตร

ดูด 5 มิลลิลิตรของสารละลายที่ 2 ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง 25±3 องศาเซลเซียส แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร สารละลายความขุ่นมาตรฐานนี้มีค่าความขุ่น 400 NTU สารละลายความขุ่นมาตรฐานนี้เก็บรักษาได้ 1 เดือน

3.สารละลายความขุ่นมาตรฐาน ดูดสารละลายความขุ่นมาตรฐาน 10.00 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความขุ่น 40 NTU

4.เจือจางสารละลายความขุ่นมาตรฐานด้วยน้ำกลั่นให้มีความขุ่น 5, 10, 20, 30

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

และ 40 NTU เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

วิธีการวิเคราะห์

1. ปรับตั้งเครื่องวัดความขุ่นตามคู่มือของเครื่อง และทำกราฟมาตรฐานจากสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่เตรียมไว้

2. ถ้าตัวอย่างน้ำมีความขุ่นตามคู่มือต่ำกว่า 40 NTU ให้ผสมตัวอย่างน้ำให้เข้ากันแล้วเทลงในหลอดวัดความขุ่น วัดค่าจากเครื่องวัดความขุ่น

3. ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความขุ่นสูงกว่า 40 NTU ให้เจือจางตัวอย่างน้ำด้วยน้ำกลั่นจนได้ความขุ่นไม่เกิน 40 NTU และนำไปวัดค่าจากเครื่อง

การคำนวณ

$$NTU = A * (B+C) / C$$

เมื่อ A = NTU ที่อ่านได้

B = ปริมาตรของน้ำที่ใช้เจือจาง (มล.)

C = ปริมาตรของตัวอย่างน้ำ (มล.)

ก.2.2. วิเคราะห์หาค่าของแข็งแขวนลอย (suspended solid; SS)

เครื่องมือ อุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 mm.
2. กรวยบุคเนอร์
3. ปั๊มสุญญากาศ
4. เตาอบลมร้อน (Hot Air Oven)
5. โถดูดความชื้น (Desicator)
6. เครื่องชั่งละเอียด
7. กระบอกตวง ขนาด 100 ml.

สารเคมี

1. น้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก (A) เก็บกระดาษกรองไว้ในโถดูดความชื้นจนกว่าจะใช้ในการทดลอง

2. วางกระดาษกรองลงในกรวบบุคเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกแล้วเปิดปั๊มสุญญากาศ เพื่อให้กระดาษกรองแนบติดกับกรวยบุคเนอร์

3. ตวงปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้ว 50-100 ml. แล้วเทตัวอย่างลงในกรวยบุคเนอร์และเปิดปั๊มสุญญากาศจนน้ำแห้ง แล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่น 10 ml. เปิดเครื่องทิ้งไว้ 3 นาที

4. เมื่อแห้งแล้วนำกระดาษกรองออกวางในภาชนะเดิม แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมงทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก (B)

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (mg/l)} = \frac{(B-A)*10^6}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง(ml)}}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของกระดาษกรองและของแข็งแขวนลอย (g)

B = น้ำหนักของกระดาษกรอง(g)

ก.2.3. **วิเคราะห์หาค่าของแข็งทั้งหมด** (total suspended solid; TSS)

เครื่องมือ อุปกรณ์

1. จานระเหย
2. เครื่องอังไอน้ำ (Steam bath)
3. โถดูดความชื้น (Desicator)
4. เตาอบลมร้อน (Hot Air Oven)
5. เครื่องชั่งละเอียด

สารเคมี

1. น้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1 .อบจานระเหยที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก (A) เก็บจานระเหยไว้ในโถดูดความชื้นจนกว่าจะใช้ในการทดลอง

2. ตวงปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้ว 50-100 ml. แล้วเทตัวอย่างลงในจานระเหยแล้วนำไปตั้งบนเครื่องอังไอน้ำ ปล่อยให้น้ำระเหยจนแห้ง แล้วนำจานระเหยนี้ไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

3. นำจานระเหยใส่ในโถดูดความชื้นแล้วปล่อยให้เย็นและชั่งน้ำหนัก (B)

4. ทำซ้ำโดยนำจานระเหยไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักอีก ทำจนกระทั่งน้ำหนักที่ลดลงน้อยกว่า 4 % ของการชั่งครั้งที่แล้ว

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (mg/l)} = \frac{(B-A)*10^6}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง(ml)}}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างและจานระเหย(g)

B = น้ำหนักของจานระเหย(g)

ก.2.4. ประสิทธิภาพการตกตะกอน (OD_{600})

ใช้วิธีจาร์เทสต์ในการตกตะกอนสาหร่าย (Lubian, 1989) มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

1. ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงของสาหร่ายเริ่มต้นก่อนการตกตะกอน (OD เริ่มต้น)

2. ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตรของสาหร่ายหลังตกตะกอน (OD หลังตกตะกอน)

การคำนวณ

$$\% \text{ Flocculation efficiency} = \frac{(\text{ODเริ่มต้น} - \text{OD หลังตกตะกอน})}{\text{OD เริ่มต้น}} \times 100$$

ก.2.5.วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Lowry Assay)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารเคมี

Lowry Reagent

วิธีเตรียม Lowry Reagent ดังนี้คือ

Reagent A : ละลาย Na_2CO_3 100 กรัม ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล

Reagent B : ละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

Reagent C : ละลายโพแทสเซียมทาร์เทรต 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

นำสารสารละลายเก็บไว้ เมื่อทำการทดลองจะนำ รีเอเจนต์ A 15 มิลลิลิตร รีเอเจนต์ B 0.75 มิลลิลิตร และ รีเอเจนต์ C 0.75 มิลลิลิตร มาผสมกันเป็น Lowry Reagent

สารละลาย BSA 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

Folin-phenol reagent เข้มข้น 2 นอร์มอล

อุปกรณ์

1. Cuvette
2. Test tube 16 x 150 mm
3. Vortex mixer

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลาย BSA (bovine serum albumin) ความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง 10 หลอด ปริมาตร 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนอีก 3 หลอด ใส่ตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร

2. ปรับปริมาตรทุกๆ หลอดเป็น 1 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. เติม Lowry Reagent ในหลอด 1 มิลลิลิตร ใช้ Vortex mixer ผสมสารให้เข้ากัน

4. ตั้งหลอดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 15 นาที

5. ในระหว่างที่ตั้งหลอดทดลองทิ้งไว้ เติม Folin-phenol reagent เข้มข้น 2 นอร์มอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

6. เมื่อครบเวลาที่ตั้งหลอดทดลองทิ้งไว้ ให้นำสารละลายที่ได้จากข้อ 5 โดยปิเปตมา 3 มิลลิลิตร ใส่ในแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากัน

7. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 45 นาที

8. ดูการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

9. คำนวณข้อมูลที่ได้ จะได้ค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ก.3. การวิเคราะห์ส่วนตะกอน

ก.3.1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl Method ตามวิธี AOAC ข้อ 920.105 (AOAC, 1990)

-สารเคมี

1. คะตะลิสต์ผสม (selenium reagent mixture)

2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น

3. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร)

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไวด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร)

5. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

6. เชียร์อินดิเคเตอร์

-วิธีวิเคราะห์

1. การย่อยสลาย (Digestion)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.7-2.2 กรัม ใส่ในขวดกลั่นเติมคะตะลิสต์ผสม 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำขวดกลั่นไปตั้งบนเตาย่อย ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าปฏิกิริยาสมบูรณ์ และถ้าที่คอขวดมีจุดดำทิ้งไว้จนเย็นล่างด้วยน้ำกลั่น ย่อยต่อไปจนสมบูรณ์

2. การกลั่น (Distillation)

นำตัวอย่างที่ย่อยเสร็จทิ้งให้เย็น ต่อขวดกลั่นเข้าเครื่องกลั่นให้ปลายข้างหนึ่งของคอนเดนเซอร์ จุ่มในสารละลายกรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์ 60 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตรและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ 90 มิลลิลิตร ลงในขวดกลั่น กลั่นเป็นเวลา 3 นาที

3. การไตเตรท (Titration)

นำตัวอย่างที่กลั่นมาเติมเชียร์อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.2 นอร์มัล และคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทังหมด และปริมาณโปรตีน

-การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) = (X × N × 14 × 100) / (W × 100)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อ X คือ ปริมาณของสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรต ใช้หน่วยเป็นมิลลิลิตร

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก ใช้หน่วยเป็นนอร์มัล

W คือ น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่าง ใช้หน่วยเป็นกรัม

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ) × 6.25

ก.3.2 ปริมาณเถ้า

วิเคราะห์ความเถ้าโดยดัดแปลงจาก AOAC ข้อ 935.42 (AOAC, 1990)

เครื่องมือ อุปกรณ์

1. ครูซิเบิ้ล
2. เตาเผา
3. hotplate
4. เครื่องชั่งแบบละเอียด
5. เดซิเคเตอร์

วิธีการวิเคราะห์

เผาครูซิเบิ้ลที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนมีน้ำหนักคงที่ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ประมาณ 20 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของครูซิเบิ้ล ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในครูซิเบิ้ล เผาโดยใช้ hot plate จนไม่มีควันดำ นำไปเผาต่อที่เตาเผาอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวประมาณ 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ 20 นาทีแล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด} = \frac{\text{น้ำหนักครูซิเบิ้ลและเถ้า} - \text{น้ำหนักครูซิเบิ้ล}}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง}} \times 100$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ก.3.3. ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ความชื้นโดยดัดแปลงจาก AOAC ข้อ 977.11 (AOAC, 1990)

เครื่องมือ อุปกรณ์

1. จานอะลูมิเนียม
2. ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
3. เครื่องชั่งแบบละเอียด
4. เดซิเคเตอร์

วิธีการวิเคราะห์

นำจานอะลูมิเนียมมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักของ porcelain dish ชั่งน้ำหนักตัวอย่างลงในจานอะลูมิเนียม ประมาณ 5 กรัม จากนั้นไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ นำไปอบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนได้น้ำหนักคงที่ ไม่แตกต่างกันเกิน 0.05 กรัม ชั่งหาน้ำหนักของของแข็งที่เหลืออยู่ คำนวณหาน้ำหนักที่หายไป และคำนวณหาร้อยละความชื้น

การคำนวณ

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ข
สูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไดอะตอม

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ปุ๋ยสูตร F/2 หรือ Guillard's Media (1975)

สาร	ปริมาณสารใน อาหาร 1 ลิตร (มก./ล)	สารละลายเข้มข้น กรัม/1,000 มล.	ปริมาตรที่ใช้ต่อ อาหาร 1 ลิตร (มล./ล)
ธาตุอาหารหลัก (Macronutrient)		สต๊อก (Stock) ($\times 10^3$)	
โซเดียมไนเตรต($NaNo_3$)	75.0	75.0	1 มล.
โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NaH_2PO_4.H_2O$)	5.0	5.0	
ธาตุอาหารรอง (Micronutrient)		กรัม/1,000 มล.($\times 10^3$)	
ไดโซเดียมอีดีทีเอ(Na_2.EDTA)	4.36	4.36	
เฟอร์ริคคลอไรด์($FeCl_3.6H_2O$)	3.15	3.15	
คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต($CuSO_4.5H_2O$)	0.01	0.01	
ซิงค์ซัลเฟต($ZnSO_4.7H_2O$)	0.022	0.022	1 มล.
โคบอลท์คลอไรด์($CoCl_2.6H_2O$)	0.01	0.01	
แมงกานีสคลอไรด์($MnCl_2.4H_2O$)	0.18	0.18	
โซเดียมโมลิบเดต($Na_2MoO_4.2H_2O$)	0.006	0.006	
วิตามิน (Vitamin)	(ไมโครกรัม/ลิตร)	มก./200 มล.($\times 10^4$)	
ไธอะมีน[Thiamine-HCl (B_1)]	100.0	200.0	100 ไมโครลิตร
ไซยาโนโคบาลามิน [Cyanocobalamin(B_{12})]	0.5	1.0	
ไบโอติน(Biotin)	0.5	1.0	
สำหรับเพาะเลี้ยงไดอะตอม		กรัม/1,000 มล.($\times 10^3$)	
โซเดียมซิลิเกต(Na_2SiO_3)	15.0	15.0	1 มล.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม MINITAB

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ค.1 ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน

ค.1.1. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่นจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	979.9	979.9	490.0	92.31	0.000*
pH	2	112180.9	112180.9	56090.4	10567.46	0.000*
conc.	5	39318.1	39318.1	7863.6	1481.51	0.000*
Type*pH	4	1291.9	1291.9	323.0	60.85	0.000*
Type*conc	10	797.0	797.0	79.7	15.01	0.000*
pH*conc.	10	29368.7	29368.7	2936.9	553.31	0.000*
Type*pH*conc.	20	1557.0	1557.0	77.9	14.67	0.000*
Error	108	573.2	573.2	5.3		
Total	161	186066.7				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค.1.2. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่นจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	157216	157216	17468.5	92.03	0.000*
Linear	3	135181	133508	44502.6	234.46	0.000*
Square	3	11302	11302	3767.3	19.85	0.000*
Interaction	3	10733	10733	3577.6	18.85	0.000*
Residual Error	152	28851	28851	189.815.01		
Lack-of-Fit	44	28277	28277	642.7	121.08	0.000*
Pure Error	108	573	573	5.3		
Total	161	186067				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.1.3. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งแขวนลอยจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	34.490	34.490	17.245	22.49	0.000*
pH	2	293.176	293.176	146.588	191.18	0.000*
conc.	5	180.221	180.221	36.044	47.01	0.000*
Type*pH	4	6.128	6.128	1.532	2.00	0.000*
Type*conc	10	7.066	7.066	0.707	0.92	0.516ns
pH*conc.	10	17.708	17.708	1.771	2.31	0.017*
Type*pH*conc.	20	12.024	12.024	0.601	0.78	0.727ns
Error	108	82.808	82.808	0.767		
Total	161	633.622				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค.1.4. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งแขวนลอยจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	517.193	517.193	57.466	75.02	0.000*
Linear	3	428.061	404.968	134.989	176.23	0.000*
Square	3	79.236	79.236	26.412	34.48	0.000*
Interaction	3	9.895	9.895	3.298	4.31	0.006*
Residual Error	152	116.429	116.429	0.766		
Lack-of-Fit	44	33.621	33.621	0.764	1.00	0.491ns
Pure Error	108	82.808	82.808	0.767		
Total	161	633.622				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.1.5. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งทั้งหมดจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	30.5368	59.9060	29.9530	283.82	0.000*
pH	2	35881.0	35881.0	15.2684	144.68	0.000*
conc.	5	119.5398	119.5398	23.9080	226.54	0.000*
Type*pH	4	3.2456	3.2456	0.8114	7.69	0.000*
Type*conc	10	6.7002	6.7002	0.6700	6.35	0.000*
pH*conc.	10	23.6195	23.6195	2.3620	22.38	0.000*
Type*pH*conc.	20	6.6496	6.6496	0.3325	3.15	0.000*
Error	108	11.3978	11.3978	0.1055		
Total	161	56892.5				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค.1.6. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งทั้งหมดจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	221.388	221.388	24.5986	92.99	0.000*
Linear	3	195.454	187.193	62.3978	235.89	0.000*
Square	3	8.583	8.583	2.8610	10.82	0.000*
Interaction	3	17.351	17.351	5.7837	21.86	0.000*
Residual Error	152	40.208	40.208	0.2645		
Lack-of-Fit	44	28.810	28.810	0.6548	6.20	0.000*
Pure Error	108	11.398	11.398	0.1055		
Total	161	261.595				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.1.7. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของค่า OD_{600} จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	126.7	126.7	63.3	264.38	0.000*
pH	2	104815.8	104815.8	52407.9	218801.68	0.000*
conc.	5	41674.9	41674.9	8335.0	34798.29	0.000*
Type*pH	4	233.4	233.4	333.3	243.56	0.000*
Type*conc	10	480.2	480.2	48.0	200.47	0.000*
pH*conc.	10	25661.2	25661.2	2566.1	10713.47	0.000*
Type*pH*conc.	20	1544.6	1544.6	77.2	322.44	0.000*
Error	108	25.9	25.9	0.2		
Total	161	174562.5				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค.1.8. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของค่า OD_{600} จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	147425	147425	16380.6	91.75	0.000*
Linear	3	130926	127627	42542.3	238.29	0.000*
Square	3	10426	10426	3475.5	19.47	0.000*
Interaction	3	6073	6073	2024.3	11.34	0.000*
Residual Error	152	27137	27137	178.5		
Lack-of-Fit	44	27111	27111	616.2	2572.47	0.000*
Pure Error	108	26	26	0.2		
Total	161	174562				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.1.9. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของปริมาณโปรตีนจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	1697.07	1697.07	848.54	931.99	0.000*
pH	2	1485.66	1485.66	742.83	815.88	0.000*
conc.	5	808.24	808.24	161.65	177.54	0.000*
Type*pH	4	1032.69	1032.69	258.17	283.56	0.000*
Type*conc	10	416.34	416.34	41.63	45.73	0.000*
pH*conc.	10	356.73	356.73	35.67	39.18	0.000*
Type*pH*conc.	20	287.52	287.52	14.38	15.79	0.000*
Error	108	98.33	98.33	0.91		
Total	161	6182.58				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค.1.10. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของปริมาณโปรตีน จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	4191.90	4191.90	465.767	35.56	0.000*
Linear	3	2149.73	1913.08	637.692	48.69	0.000*
Square	3	1742.25	1742.25	580.751	44.34	0.000*
Interaction	3	299.92	299.92	99.975	7.63	0.000*
Residual Error	152	1990.67	1990.67	13.097		
Lack-of-Fit	44	1892.34	1892.34	43.008	47.24	0.000*
Pure Error	108	98.33	98.33	0.910		
Total	161	6182.58				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.2 น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน

ค.2.1. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่นจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	243.0	243.0	121.5	58.66	0.000*
pH	2	124196.4	124196.4	62098.2	29984	0.000*
conc.	5	21565.9	21565.9	4313.2	2082.62	0.000*
Type*pH	4	590.4	590.4	147.6	71.27	0.000*
Type*conc	10	278.5	278.5	27.8	13.45	0.000*
pH*conc.	10	28645.3	28645.3	2864.5	1383.14	0.000*
Type*pH*conc.	20	614.0	614.0	30.7	14.82	0.000*
Error	108	223.7	223.7	2.1		
Total	161	176357.1				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค.2.2. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่นจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	151860	151860	16873.3	104.70	0.000*
Linear	3	117758	117758	39296.1	243.82	0.000*
Square	3	24597	24597	8198.9	50.87	0.000*
Interaction	3	9505	9505	3168.5	19.66	0.000*
Residual Error	152	24497	24497	161.2		
Lack-of-Fit	44	24274	24274	551.7	266.37	0.000*
Pure Error	108	224	224	2.1		
Total	161	176357				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.2.3. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งแขวนลอยจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	362.795	362.795	181.397	81.10	0.000*
pH	2	177.386	177.386	88.693	39.65	0.000*
conc.	5	196.512	196.512	39.302	17.57	0.000*
Type*pH	4	8.506	8.506	2.127	0.95	0.438 ns
Type*conc	10	5.674	5.674	0.567	0.25	0.989 ns
pH*conc.	10	22.783	22.783	2.278	1.02	0.433 ns
Type*pH*conc.	20	11.440	11.440	0.572	0.26	0.999 ns
Error	108	241.559	241.559	2.237		
Total	161	1026.654				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ค.2.4. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งแขวนลอยจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	746.34	746.34	82.927		0.000*
Linear	3	645.03	641.58	213.861		0.000*
Square	3	90.26	90.26	30.088	16.32	0.000*
Interaction	3	11.05	11.05	3.682	2.00	0.117ns
Residual Error	152	280.31	280.31	1.844		
Lack-of-Fit	44	38.76	38.76	0.881	0.39	1.000ns
Pure Error	108	241.56	241.56	2.237		
Total	161	1026.65				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.2.5. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งทั้งหมดจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	42.1310	42.1310	21.0655	187.19	0.000*
pH	2	0.4742	0.4742	0.2371	2.11	0.127ns
conc.	5	9.9620	9.9620	1.9924	17.70	0.000*
Type*pH	4	9.359	9.359	2.3398	20.79	0.000*
Type*conc	10	12.6648	12.6648	1.2665	11.25	0.000*
pH*conc.	10	8.8433	8.8433	0.8843	7.86	0.000*
Type*pH*conc.	20	5.6855	5.6855	0.2843	2.53	0.001*
Error	108	12.1536	12.1536	0.1125		
Total	161	101.2738				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค.2.6. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของของแข็งทั้งหมดจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	71.291	71.291	7.9212	40.16	0.000*
Linear	3	49.040	48.941	16.3135	82.70	0.000*
Square	3	1.565	1.565	0.5216	2.64	0.051ns
Interaction	3	20.686	20.686	6.8955	34.96	0.000*
Residual Error	152	29.983	29.983	0.1973		
Lack-of-Fit	44	17.829	17.829	0.4052	3.60	0.000*
Pure Error	108	12.154	12.154	0.1125		
Total	161	101.274				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.2.7. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของค่า OD_{600} จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	2005.3	2005.3	1002.6	336.20	0.000*
pH	2	86579.0	86579.0	43289.5	14515.66	0.000*
conc.	5	21105.6	21105.6	4221.1	1415.41	0.000*
Type*pH	4	1455.3	1455.3	363.8	122.00	0.000*
Type*conc	10	397.2	397.2	39.7	13.32	0.000*
pH*conc.	10	20690.0	20690.0	2069.0	693.77	0.000*
Type*pH*conc.	20	613.8	613.8	30.7	10.29	0.000*
Error	108	322.1	322.1	3.0		
Total	161	133168.3				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค.2.8. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของค่า OD_{600} จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	112865	112865	12540.6	93.88	0.000*
Linear	3	94320	94754.3	31584.8	236.46	0.000*
Square	3	12101	12101	4033.6	30.20	0.000*
Interaction	3	6444	6444.2	2148.1	16.08	0.000*
Residual Error	152	20303	20303.3	133.6		
Lack-of-Fit	44	19981	19981.2	454.1	152.27	0.000*
Pure Error	108	322	322.1	3.0		
Total	161	133168				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.2.9. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของปริมาณโปรตีนจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Type	2	21.4048	21.4048	10.7024	26.40	0.000*
pH	2	60.3030	60.3030	30.1515	74.37	0.000*
conc.	5	18.9701	18.9701	3.7940	9.36	0.000*
Type*pH	4	20.6526	20.6526	5.1632	12.73	0.000*
Type*conc	10	3.4126	3.4126	0.3413	0.84	0.590ns
pH*conc.	10	17.5567	17.5567	1.7557	4.33	0.000*
Type*pH*conc.	20	16.9819	16.9819	0.8491	2.09	0.008*
Error	108	43.7885	43.7885	0.4054		
Total	161	203.0702				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค.2.10. ตารางการวิเคราะห์ regression ของพื้นที่ผิวตอบสนอง ต่อร้อยละการลดลงของปริมาณโปรตีนจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	120.536	120.536	13.3928	24.66	0.000*
Linear	3	96.449	97.278	32.4259	59.72	0.000*
Square	3	3.632	3.632	1.2108	2.23	0.087ns
Interaction	3	20.454	20.454	6.8182	12.56	0.000*
Residual Error	152	82.535	82.535	0.5403		
Lack-of-Fit	44	38.746	38.746	0.8806	2.17	0.001*
Pure Error	108	43.789	43.789	0.4054		
Total	161	203.070				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ง.1 องค์ประกอบทางเคมีของไคโตซาน

ง.1.1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน ต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Between Groups	0.128	2	0.064	0.697	0.534^{ns}
	Within Groups	0.552	6	0.092		
	Total	0.680	8			
ASH	Between Groups	0.000	2	0.000	0.487	0.637^{ns}
	Within Groups	0.000	6	0.000		
	Total	0.000	8			
MOISTURE	Between Groups	0.199	2	0.099	713.201	0.000*
	Within Groups	0.001	6	0.000		
	Total	0.199	8			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ง.1.2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน ต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Between Groups	0.568	2	0.284	2.275	0.184^{ns}
	Within Groups	0.749	6	0.125		
	Total	1.317	8			
ASH	Between Groups	0.014	2	0.007	706.034	0.000*
	Within Groups	0.000	6	0.000		
	Total	0.014	8			
MOISTURE	Between Groups	0.157	2	0.078	480.475	0.000*
	Within Groups	0.001	6	0.000		
	Total	0.158	8			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ง.1.3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการกำจัดหมู่อะซิติล และน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน ต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Between Groups	3.187	5	0.637	5.878	0.006*
	Within Groups	1.301	12	0.108		
	Total	4.488	17			
ASH	Between Groups	0.024	5	0.005	160.213	0.000*
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.025	17			
MOISTURE	Between Groups	0.570	5	0.114	757.088	0.000*
	Within Groups	0.002	12	0.000		
	Total	0.572	17			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ง.2 สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอน

ง.2.1. ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน

ง.2.1.1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่นของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ค่า OD_{600} และปริมาณโปรตีน (Lowry) ที่เวลาต่าง ๆ จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TUR	Between Groups	8.982	3	2.994	8.600	0.007*
	Within Groups	2.785	8	0.348		
	Total	11.767	11			
SS	Between Groups	66.133	3	22.044	47.793	0.000*
	Within Groups	3.690	8	0.461		
	Total	69.823	11			
TSS	Between Groups	46.024	3	15.341	146.689	0.000*
	Within Groups	0.837	8	0.105		
	Total	46.860	11			
OD	Between Groups	23.748	3	7.916	16.892	0.001*
	Within Groups	3.749	8	0.469		
	Total	27.497	11			
PROTEIN	Between Groups	9.682	3	3.227	4.339	0.043*
	Within Groups	5.951	8	0.744		
	Total	15.634	11			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ง.2.1.2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน 89.98 เปอร์เซ็นต์ pH 6 และความเข้มข้นของไคโตซาน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ค่า OD_{600} และปริมาณโปรตีน (Lowry) ที่เวลาต่าง ๆ จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TUR	Between Groups	8.982	3	2.994	8.600	0.007*
	Within Groups	2.785	8	0.348		
	Total	11.767	11			
SS	Between Groups	79.325	3	26.442	40.232	0.000*
	Within Groups	5.258	8	0.657		
	Total	84.583	11			
TSS	Between Groups	31.356	3	10.452	254.053	0.000*
	Within Groups	0.329	8	0.041		
	Total	31.686	11			
OD	Between Groups	26.797	3	8.932	24.607	0.000*
	Within Groups	2.904	8	0.363		
	Total	29.701	11			
PROTEIN	Between Groups	132.802	3	44.267	27.816	0.000*
	Within Groups	12.731	8	1.591		
	Total	145.533	11			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ง.2.2. น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน

ง.2.2.1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน pH และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่น ของแข็งแขวนลอยของแข็งทั้งหมด ค่า OD_{600} และปริมาณโปรตีน (Lowry) ที่เวลาต่าง ๆ จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TUR	Between Groups	520.592	3	173.531	115.433	0.000*
	Within Groups	12.026	8	1.503		
	Total	532.619	11			
SS	Between Groups	230.643	3	76.881	22.804	0.000*
	Within Groups	26.971	8	3.371		
	Total	257.615	11			
TSS	Between Groups	18.655	3	6.218	54.883	0.000*
	Within Groups	0.906	8	0.113		
	Total	19.561	11			
OD	Between Groups	33.007	3	11.002	5.156	0.028*
	Within Groups	17.073	8	2.134		
	Total	50.081	11			
PROTEIN	Between Groups	45.431	3	15.144	31.432	0.000*
	Within Groups	3.854	8	0.482		
	Total	49.286	11			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ง.2.2.2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน $3.0x10^5$ ดาลตัน pH 6 และความเข้มข้นของไคโตซาน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อร้อยละการลดลงของความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ค่า OD_{600} และปริมาณโปรตีน (Lowry) ที่เวลาต่าง ๆ จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TUR	Between Groups	520.592	3	173.531	115.433	0.000*
	Within Groups	12.026	8	1.503		
	Total	532.619	11			
SS	Between Groups	79.157	3	26.386	5.512	0.024*
	Within Groups	38.298	8	4.787		
	Total	117.455	11			
TSS	Between Groups	14.778	3	4.926	43.666	0.000*
	Within Groups	0.902	8	0.113		
	Total	15.680	11			
OD	Between Groups	33.007	3	11.002	5.156	0.028*
	Within Groups	17.073	8	2.134		
	Total	50.081	11			
PROTEIN	Between Groups	41.975	3	13.992	30.927	0.000*
	Within Groups	3.619	8	0.452		
	Total	45.594	11			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ง.3 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนตะกอน

ง.3.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น ของตะกอนจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Between Groups	5.557	2	2.779	352.129	0.000*
	Within Groups	0.047	6	0.008		
	Total	5.604	8			
ASH	Between Groups	0.326	2	0.163	1.566	0.284ns
	Within Groups	0.624	6	0.104		
	Total	0.950	8			
MOISTURE	Between Groups	1.532	2	0.766	9.509	0.014*
	Within Groups	0.483	6	0.081		
	Total	2.015	8			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ง.3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน ต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น จากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Between Groups	7.620	2	3.810	25.758	0.001*
	Within Groups	0.887	6	0.148		
	Total	8.507	8			
ASH	Between Groups	88.929	2	44.465	134.833	0.000*
	Within Groups	1.979	6	0.330		
	Total	90.908	8			
MOISTURE	Between Groups	3.200	2	1.600	13.480	0.006*
	Within Groups	0.712	6	0.119		
	Total	3.913	8			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ง.3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการกำจัดหมู่อะซิติล และน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน ต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น ของตะกอนจากการตกตะกอนสาหร่ายคีโตเซอรอส

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROTEIN	Between Groups	14.893	5	2.979	38.218	0.000*
	Within Groups	0.935	12	0.078		
	Total	15.828	17			
ASH	Between Groups	290.457	5	58.091	267.836	0.000*
	Within Groups	2.603	12	0.217		
	Total	293.059	17			
MOISTURE	Between Groups	21.814	5	4.363	43.791	0.000*
	Within Groups	1.196	12	0.100		
	Total	23.010	17			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University