

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

ก.1 วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน

ก.1.1 ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน

วิเคราะห์ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซาน โดยวิธี colloid titration (มงคล
สุขวัฒนาสินธุ์, 2544)

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. ขวดรูปชมพู่ 25 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง 50 มิลลิลิตร
3. บิวเรต 25 มิลลิลิตร
4. ปิเปต 5 มิลลิลิตร
5. หลอดหยด
6. ขวดปริมาตร 25 มิลลิลิตร
7. สารละลาย 1-n- Hexadecylpyridinium Chloride Monohydrate (CPC) (12.5 มิลลิกรัม ในสารละลายกรดอะซิติก 0.1 M 25 มิลลิลิตร หรือ ประมาณ 0.05% w/v)
8. สารละลายเกลือ potassium ของ polyvinyl sulfate (PVSK) (25 มิลลิกรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร หรือ ประมาณ 1/400 N)
9. สารละลายอินดิเคเตอร์ 0.1% toluidine blue
10. สารละลาย Chitosan ตัวอย่าง (ประมาณ 10 มิลลิกรัม ในสารละลายกรดอะซิติก 0.1 M 25 มิลลิลิตร หรือประมาณ 0.04% w/v)

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียม blank

ปิเปตสารละลายกรดอะซิติก 0.1 M มา 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร



หยด 0.1 % toluidine blue 1-2 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ได้สารละลายสีฟ้า



ไทเทรตด้วย PVSK จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงและมีตะกอน



บันทึกปริมาตร PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต และไทเทรตซ้ำอีก 2 ครั้ง

2. หาคความเข้มข้นของ PVSK

ปิเปตสารละลาย 1-n-Hexadecylpyridinium Chloride Monohydrate 5 มิลลิลิตร

ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร



หยด 0.1 % toluidine blue 1-2 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ได้สารละลายสีฟ้า



ไทเทรตด้วย PVSK จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงและมีตะกอน



บันทึกปริมาตร PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต และไทเทรตซ้ำอีก 2 ครั้ง

คำนวณความเข้มข้นของ PVSK จากสูตร

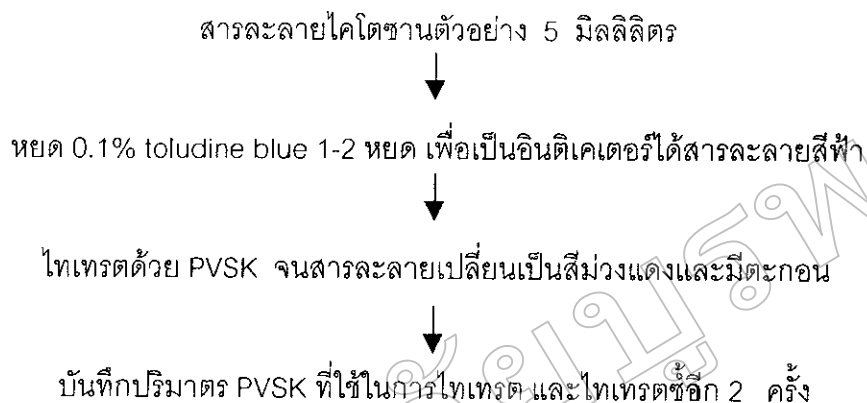
$$N = 50 \times C' / 358 D$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของ PVSK เป็น(N)

C' คือ ความเข้มข้นของ 1-n-Hexadecylpyridinium Chloride Monohydrate เป็น(%)

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

3. การวิเคราะห์ระดับการกำจัดหมู่อะซิติล



วิธีการคำนวณ

ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน แสดงได้ดังสมการที่ ก.1

$$\% DA = 100 \times (50C - 161ND) / (42ND + 50C)$$

เมื่อ DA คือ ระดับอะซิติลของโคโคซาน (%)

N คือ ความเข้มข้นของ PVSK เป็น (N)

D คือ ผลต่างของปริมาตรที่ได้จากการไทเทรตโคโคซาน และ Blank

C คือ ความเข้มข้นของโคโคซานเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\%DD = 100 - \%DA \quad (\text{ก.1})$$

ก.1.2 น้ำหนักโมเลกุลของโคโคซาน

วิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของโคโคซาน โดยวิธี intrinsic viscosity (วิภาวี ไชวรัตน์, 2544)

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. เครื่องวัดความหนืด
2. เครื่องชั่งละเอียด
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก
4. จุกยาง
5. บิวเรต
6. กรดอะซิติก
7. โซเดียมคลอไรด์

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียม stock solution ของโคโคซาน

1.1 เตรียมสารละลายประกอบด้วยของผสมกรดอะซิติก 0.1M และโซเดียมคลอไรด์ 0.2 M

1.2 เตรียม Stock solution ของโคโคซานเข้มข้น 7.6×10^{-3} กรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (C_1) โดยการชั่งผงโคโคซาน มา 0.038 กรัม ละลายในกรดอะซิติก 1 M 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร แล้วคนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นเติมโซเดียมคลอไรด์ 1M 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรรวมให้เป็น 50 มิลลิลิตร แล้วคนต่อไปอีกเป็นเวลา 1 คืน

1.3 นำ stock solution มาทำการเจือจางด้วยตัวทำละลายผสมในข้อ 1 ให้ได้ความเข้มข้น 2.53×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร (C_2) โดยปิเปต stock solution มา 5 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายผสมในข้อ 1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ปริมาตรรวมเป็น 15 มิลลิลิตร)

2. การวัดความหนืด

2.1 ปิเปตสารละลายผสม 3 มิลลิลิตร เติมลงใน Ostwald viscometer (C_0) ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้จุกยางดูดสารละลายขึ้นมาให้อยู่เหนือจุด a เล็กน้อย ปลอยจุกยาง บันทึกเวลาที่สารละลายเคลื่อนจาก ถึง 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2 ปิเปตสารละลาย C_1 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงใน Ostwald viscometer ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 1

2.3 เตรียมสารละลายโคโคซานที่ความเข้มข้น 5.43×10^{-4} กรัมต่อลิตร (C_2) โดยนำ stock solution (C_1) 5 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 2 มิลลิลิตร ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

2.4 เตรียมสารละลายโคโคซานที่ความเข้มข้น 3.80×10^{-4} กรัมต่อลิตร (C_3) โดยนำ stock solution (C_1) 5 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 5 มิลลิลิตร ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

2.5 ปิเปตสารละลาย C_4 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงใน Ostwald viscometer ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 1

2.6 เตรียมสารละลายโคโคซานที่ความเข้มข้น 1.81×10^{-4} กรัมต่อลิตร (C_5) โดยนำ stock solution (C_1) 5 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 2 มิลลิลิตร ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

2.7 เตรียมสารละลายโคโคซานที่ความเข้มข้น 1.26×10^4 กรัมต่อลิตร (C_6) โดยนำ stock solution (C_1) 5 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 5 มิลลิลิตร ดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 1

2.8 นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นกับ η_{sp}/C นำจุดตัดแกน y มาคำนวณหามวลโมเลกุล(M_v)

โดยกำหนดให้ relative viscosity ; $\eta_r \approx t_{\text{solution}}/t_{\text{solvent}}$

specific viscosity ; $\eta_{sp} = \eta_r - 1$

intrinsic viscosity ; $[\eta] = \eta_{sp}/C$ ($C=0$)

t_{solution} และ t_{solvent} คือระยะเวลาที่ตัวทำละลายและสารละลายเคลื่อนที่

วิธีการคำนวณ

น้ำหนักโมเลกุลของโคโคซาน แสดงได้ดังสมการที่ ก.2

$$[\eta] = KM_v^a \quad (\text{ก.2})$$

เมื่อ M_v คือ น้ำหนักโมเลกุลของโคโคซาน (ดาลตัน)

$[\eta]$ คือ จุดตัดแกน y

K คือ 1.8×10^{-3} กรัมต่อมิลลิลิตร

a คือ 0.93

ก.2 วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

ก.2.1 วิเคราะห์ความขุ่น(Turbidity) โดยวิธีเนฟิโลเมตริก(Nephelometric Method)

คำว่าขุ่น (turbid) หมายถึงน้ำที่มีสารห้อยแขวน ความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่น้ำนั้นมีสิ่งห้อยแขวนอยู่ เช่น ดินละเอียด อาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ สารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย และดูดซึมของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง

วิธีการวิเคราะห์ (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540)

1. ปรับตั้งเครื่องวัดความชื้นตามคู่มือเครื่อง และทำกราฟมาตรฐานจากสารละลายความชื้นมาตรฐานที่เตรียมไว้
2. การวัดความชื้นที่มีค่าต่ำกว่า 40 เอ็นทียู ให้เขย่าตัวอย่างและรอจนฟองอากาศหมด เทตัวอย่างลงในหลอดวัดความชื้น อ่านค่าจากเครื่องมือวัดความชื้น
3. การวัดความชื้นที่มีค่าสูงกว่า 40 เอ็นทียู ให้เจือจางตัวอย่างน้ำ ด้วยน้ำที่ปราศจากความชื้นจนได้ความชื้นไม่เกิน 40 เอ็นทียู และนำไปวัดจากเครื่อง

วิธีการคำนวณ

$$\text{ความชื้น (เอ็นทียู)} = \frac{A \times (B+C)}{C}$$

C

A = เอ็นทียู ที่อ่านได้เมื่อเจือจางน้ำตัวอย่าง

B = ปริมาตรของน้ำที่ใช้เจือจาง ลูกบาศก์เซนติเมตร

C = ปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่นำมาเจือจาง ลูกบาศก์เซนติเมตร

ก.2.2 การหาของแข็งแขวนลอย (suspended solids; SS)

ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids, SS) เป็นของแข็งแขวนลอยที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม ต่อลิตร (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540)

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. กระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 มิลลิเมตร
2. กรวยบุคเนอร์ ความจุ 100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร
3. เครื่องดูดอากาศ
4. เตาอบแห้ง
5. โถทำแห้ง (desicator)
6. เครื่องชั่งอย่างละเอียด
7. น้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระดาศกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาศกรอง
2. ทำซ้ำในข้อ 1 จนได้น้ำหนักกระดาศกรองคงที่ หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น A มิลลิกรัม
3. เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่าง ซึ่งจะให้ค่าของแข็งซึ่งได้โดยประมาณอย่างน้อยสุด 2.5 มิลลิกรัม (เพิ่มจากกระดาศกรอง)
4. วางกระดาศกรองลงในกรวยบุคเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
5. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาศกรองให้เปียกและให้ถูกดูดติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์
6. กรองตัวอย่างน้ำตามปริมาตรที่ต้องการโดยอาศัยแรงดูดช่วย
7. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง
8. เปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบคีบกระดาศกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น ถ้วยอะลูมิเนียม หรือกระจกนาฬิกา
9. นำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
10. ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาศกรองใหม่
11. ทำซ้ำข้อ 9,10 จนได้น้ำหนักกระดาศกรองได้ค่าคงที่ หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น B มิลลิกรัม

วิธีการคำนวณ

ของแข็งแขวนลอย มิลลิกรัมต่อลิตร = $\frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B-A)} \times 1000}{\text{ลูกบาศก์ เซนติเมตรของตัวอย่างน้ำ}}$

ลูกบาศก์ เซนติเมตรของตัวอย่างน้ำ

ก.2.3 การหาปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด หรือ ทีดีเอส (Total dissolved solids ; TDS)

ทีดีเอส หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสามารถไหลผ่านกระดาศกรองใยแก้ว เมื่อกรองปริมาณของแข็งแขวนลอยออก แล้วเอาน้ำใสที่ผ่านกระดาศกรองใยแก้วไประเหย จะหาปริมาณของแข็งละลายได้ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. จานระเหย (evaporating dish)
2. เครื่องอังน้ำ (steam bath)
3. เตาอบแห้ง

4. โถทำแห้ง (desicator)
5. เครื่องชั่งอย่างละเอียด
6. น้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์

1. กรองของแข็งที่สามารถกรองได้ทิ้งออก หรือใช้น้ำส่วนที่ได้จากการกรอง ที่เหลือจากการหาปริมาณของแข็งแขวนลอย

2. ชั่งจานระเหยที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้งมาแล้ว จนได้น้ำหนักคงที่ สมมติว่าเป็น A มิลลิกรัม

3. ตวงน้ำส่วนที่ได้จากการกรอง 50 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ใส่ในจานระเหย

4. นำไปตั้งบนเครื่องอังน้ำให้ระเหยจนแห้ง

5. นำจานระเหยที่แห้งไปเข้าเตาอบที่ อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

6. ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งจนถึงอุณหภูมิห้อง

7. ชั่งจานระเหยทันทีที่เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง

8. ทำซ้ำในข้อ 5, 6 และ 7 อีกครั้ง ชั่งจนจานระเหยได้น้ำหนักคงที่ หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น B มิลลิกรัม

วิธีการคำนวณ

ปริมาณแข็งละลายทั้งหมด มิลลิกรัมต่อลิตร = $\frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B-A)} \times 1000}{\text{ลูกบาศก์ เซนติเมตรของตัวอย่างน้ำ}}$

ลูกบาศก์ เซนติเมตรของตัวอย่างน้ำ

ก.2.4 การหาของแข็งทั้งหมด (Total suspended solids; TSS)

ทีเอสเอส หมายถึง ปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ในภาชนะภายหลังจากการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างจนหมด แล้วนำไปอบที่ อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักของแข็งในภาชนะนั้น จะได้ปริมาณของแข็งหรือสารทั้งหมด มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. จานระเหย (evaporating dish)
2. เครื่องอังน้ำ (steam bath)
3. เตาอบแห้ง
4. โถทำแห้ง (desicator)
5. เครื่องชั่งอย่างละเอียด
6. น้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์

1. นำจานระเหยไปอบที่ อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งหาน้ำหนัก สมมติว่าเป็น A มิลลิกรัม
2. เลือกใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำให้เหมาะสม โดยปกติใช้ 50 หรือ 100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร
3. ค่อย ๆ รินน้ำตัวอย่างที่เขย่าให้เข้ากันดีแล้วลงในถ้วยระเหยที่ตั้งบนเครื่องอังน้ำ เมื่อไอน้ำระเหยออกหมดแล้ว
4. ให้นำจานระเหยไปอบที่เตาอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง
5. ชั่งหาน้ำหนักทันทีที่เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง
6. ทำซ้ำในข้อ 4 และ 5 อีกครั้ง ชั่งจนจานระเหยได้น้ำหนักคงที่ หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น B มิลลิกรัม

วิธีการคำนวณ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด มิลลิกรัมต่อลิตร} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B-A) x 1000}{\text{ลูกบาศก์ เซนติเมตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

หมายเหตุ อาจคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมดได้จาก

ปริมาณของแข็งทั้งหมด หรือ ทีเอสเอส = ปริมาณของแข็งละลาย + ปริมาณของแข็งแขวนลอย

ทีเอสเอส = ทีดีเอส + เอสเอส

ก.2.5 ปริมาณโปรตีน (Lawry Assay)

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

Lawry Reagent

1. Reagent A : ละลาย Na_2CO_3 100 กรัม ในสารละลาย NaOH 0.5 นอร์มอล
2. Reagent B : ละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
3. Reagent C : ละลายนีโแทสเซียมไทรโพรต 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

นำสารละลายเก็บไว้ เมื่อทำการทดลองจะนำ รีเอเจนต์ A 15 มิลลิลิตร รีเอเจนต์ B 0.75 มิลลิลิตร และรีเอเจนต์ C 0.75 มิลลิลิตร มาผสมกันเป็น Lawry Reagent

4. Cuvette
5. Test tube 16 x 150 มิลลิเมตร
6. สารละลาย BSA 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

7. Folin-Phenol reagent เข้มข้น 2 นอร์มอล

8. 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 สามหลอด ใส่ตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร

2. ปรับปริมาตรทุก ๆ หลอดเป็น 1 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. เติม Lawry 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. เมื่อครบเวลาที่ตั้งหลอดทิ้งไว้ให้นำสารละลายที่ได้จากข้อ 5 โดยปิเปตมา 3 มิลลิลิตร ใส่ในแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากัน

7. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 45 นาที

8. ดูการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร และที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (จะเร็วกว่า)

9. คำนวณข้อมูลที่ได้ จะได้ค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง

ก.2.6 ปริมาณโปรตีน (Protein content)

โดยวิธี Kjeldahl Method ตามวิธี AOAC ข้อ 920.015 (AOAC, 1990)

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. คตะลิสต์ผสม (catalyst mixture) ประกอบด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ 96 เปอร์เซ็นต์ คอปเปอร์ซัลเฟต 3.5 เปอร์เซ็นต์ และเซเลเนียมไดออกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์

2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น

3. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 นอร์มัล

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร)

5. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

6. เทียร์อินดิเคเตอร์ (sher indicator) ประกอบด้วยเมทิลเรด 0.016 และโบโรโมครีซอลกรีน 0.083 เปอร์เซ็นต์ ในเอทิลแอลกอฮอล์

7. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น AC211S)

8. Digestion unit (BUCHI 426)

9. Distillation (BUCHI 323)

วิธีการย่อยสลาย (Digestion)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัมใส่ในขวดกลั่น (Kjeldahl digestion flask) เติม HgO 0.7 กรัม (หรือ metallic Hg 0.65 กรัม) K_2SO_4 15 กรัม (เป็นผงหรือเป็น anhydrous) นำขวดกลั่นไปตั้งบนเตาย่อยและให้ความร้อนอ่อนๆ จนกระทั่งฟองหมด (ถ้าจำเป็นเติม parafin ลงไปเล็กน้อยเพื่อลดปริมาณฟอง) ต้มให้เดือดจนกระทั่งสารละลายใส (โดยมากใช้เวลามากกว่า 30 นาที) เพื่อให้แน่ใจว่าปฏิกิริยาสมบูรณ์

วิธีการกลั่น (Distillation)

นำตัวอย่างที่ย่อยเสร็จทิ้งให้เย็น เติมน้ำ 200 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลายซัลไฟด์ (sulfide) หรือไธโอซัลไฟด์ (Thiosulfate) ผสมจนกระทั่งเกิดตะกอน Hg ใส่ Zn จากนั้นค่อยๆ หยด NaOH ลงไปโดยไม่ต้องเขย่า จากนั้นต่อขวดกลั่นเข้าเครื่องกลั่นให้ปลายข้างหนึ่งของคอนเดนเซอร์จุ่มในสารละลายกรดมาตรฐาน กลั่นจนได้แอมโมเนีย (NH_3) ออกมาประมาณ 150 มิลลิลิตร

วิธีการไตเตรต (Titration)

นำตัวอย่างที่กลั่นได้มาเติมอินดิเคเตอร์ ประมาณ 2-3 หยดปรับด้วยสารละลายกรดมาตรฐานให้มากเกินพอ แล้วไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} = (X \times N \times 1.4 \times 100) / (W \times 100)$$

เมื่อ X คือ ปริมาณของสารละลายกรดมาตรฐาน (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดมาตรฐาน (นอร์มัล)

W คือ น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่าง (กรัม)

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด} \times 6.25$$

ก.2.7 ปริมาณเถ้า (Ash content)

วิเคราะห์ปริมาณเถ้าในตะกอนของน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง แสดงในรูปของค่าร้อยละ โดยวิธีของ AOAC ข้อ 935.42 (AOAC, 1990)

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. ตู้อบลมร้อน

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

ข.1 ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณโคโคซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติล 82.60 %

1. การคำนวณความเข้มข้นของ PVSK

$$N = 50 \times C/358 D$$

$$N = 50 \times 0.05/358 \times 3.32$$

$$N = 2.12 \times 10^{-3} N$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PVSK} &= (2.12 \times 10^{-3} + 2.12 \times 10^{-3} + 2.12 \times 10^{-3})/3 \\ &= 2.12 \times 10^{-3} N\end{aligned}$$

2. การคำนวณระดับการกำจัดหมู่อะซิติล

$$\% DA = 100 \times (50C - 161ND)/(42ND + 50C)$$

$$\begin{aligned}\% DA &= 100 \times [(50 \times 0.0392) - (161 \times 2.12 \times 10^{-3} \times 4.77)] / \\ &\quad [(42 \times 2.12 \times 10^{-3} \times 4.77) + (50 \times 0.0392)]\end{aligned}$$

$$\% DA = 14.00\%$$

$$\% DD = 100 - 14.00 = 86.00$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย \% DD} = (86.00 + 85.75 + 80.2 + 78.46)/4 = 82.60$$

ข.2 น้ำหนักโมเลกุลของโคโคซาน

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณโคโคซานที่มีน้ำหนักโมเลกุล 0.60×10^6 ดาลตัน

1. คำนวณหา η_r จากสมการ $\eta_r \approx t_{\text{solution}}/t_{\text{solvent}}$

$$\eta_r \approx 135.24/77.49$$

$$\eta_r \approx 1.745$$

2. คำนวณหา specific viscosity จากสมการ $\eta_{sp} = \eta_r - 1$

$$\eta_{sp} = 1.745 - 1 = 0.745$$

3. คำนวณหา η_{sp}/C

$$\eta_{sp}/C_1 = 0.745/7.6 \times 10^{-4} \text{ g/mL} = 981$$

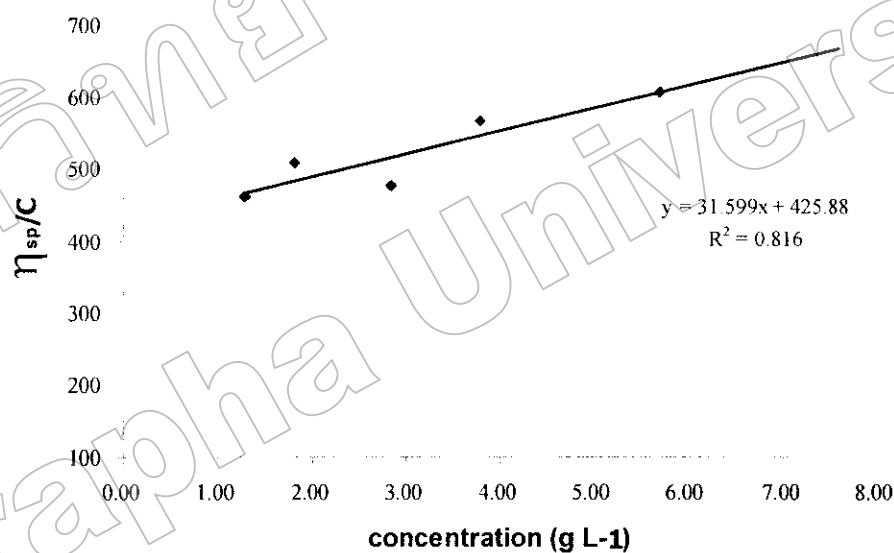
$$\eta_{sp}/C_2 = 0.345/5.7 \times 10^{-4} \text{ g/mL} = 606$$

$$\eta_{sp}/C_3 = 0.215/3.8 \times 10^{-4} \text{ g/mL} = 566$$

$$\eta_{sp}/C_4 = 0.135/2.85 \times 10^{-4} \text{ g/mL} = 745$$

$$\eta_{sp}/C_5 = 0.092/1.81 \times 10^{-3} \text{ g/mL} = 509$$

$$\eta_{sp}/C_6 = 0.059/1.27 \times 10^{-3} \text{ g/mL} = 461$$

4. สร้างกราฟระหว่าง η_{sp}/C กับ C 

5. ลากกราฟเพื่อหาจุดตัดแกน y

$$\text{จากกราฟจุดตัดแกน } y = 425.88$$

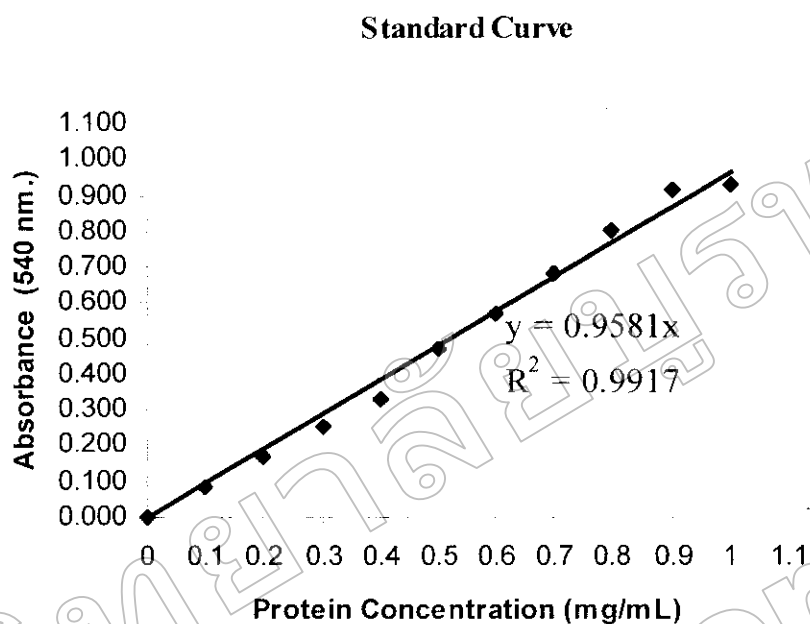
6. คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลจาก $[\eta] = KM_v^a$

$$425.88 = (1.8 \times 10^{-3}) \times M^{0.93}$$

$$\log 425.88 = \log (1.8 \times 10^{-3}) + \log M_v^{0.93}$$

$$M_v = 0.60 \times 10^6 \text{ Da}$$

ข.3 ความเข้มข้นของโปรตีนในสารละลายส่วนใส (Lowry Method)



ภาพภาคผนวก ข-1 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Bovine Serum Albumin ที่ความเข้มข้น 0-1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวอย่างการคำนวณ

เมื่อนำสารละลายตัวอย่างมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร จะได้ค่าการดูดกลืนแสงขึ้น สามารถเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของโปรตีนในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ได้ เช่น ตัวอย่างของน้ำทิ้งที่ pH 5.0 ที่ตกตะกอนด้วยไคโตซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิดิล 82.60 % ที่ปริมาณไคโตซานที่ใช้ 0.00 ที่เวลา 0 นาที ที่การทำซ้ำครั้งที่ 1 วัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.696 คำนวณได้ดังนี้

จากสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐาน $y = 0.9581X$

แทนค่า $0.696 = 0.9581X$

จะได้ค่า $X = 0.726$

ดังนั้นจะได้ค่าความเข้มข้นของโปรตีน เท่ากับ 0.726 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ข.4 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (suspended solids ; SS)

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเตาหุงแห้งที่ตกตะกอนด้วยโคโคซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติล 82.60 % ที่ pH 5.0 ที่ปริมาณโคโคซานที่ใช้ 0.00 ที่ เวลา 5 นาที ที่ การทำซ้ำครั้งที่ 1 ได้น้ำหนักกระดาศก่อนกรอง 0.9150 กรัม ปริมาตรตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร และ น้ำหนักกระดาศหลังกรอง 1.3096 กรัม คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 SS &= \frac{\text{น้ำหนักกระดาศหลังกรอง} - \text{น้ำหนักกระดาศก่อนกรอง} \times 1000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}} \\
 &= \frac{1.3096 - 0.915}{10} \times 1000 \\
 &= 39.46 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 39.46 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข.5 ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total dissolved solids ; TDS)

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณค่าปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดของน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเตาหุงแห้งที่ตกตะกอนด้วยโคโคซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติล 82.60 % ที่ pH 5.0 ที่ปริมาณโคโคซานที่ใช้ 0.00 ที่ เวลา 5 นาที ที่ การทำซ้ำครั้งที่ 1 ได้น้ำหนักจานระเหยก่อนกรอง 34.1214 กรัม ปริมาตรตัวอย่าง 9 มิลลิลิตร และ น้ำหนักจานระเหยหลังกรอง 34.1874 กรัม คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 TDS &= \frac{\text{น้ำหนักจานระเหยหลังกรอง} - \text{น้ำหนักจานระเหยก่อนกรอง} \times 1000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}} \\
 &= \frac{34.1874 - 34.1214}{9} \times 1000 \\
 &= 7.3342 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดเท่ากับ 7.3342 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total suspended solids ; TSS)

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งที่ตกตะกอนด้วยโคโคซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 82.60 % ที่ pH 5.0 ที่ปริมาณโคโคซานที่ใช้ 0.00 ที่ เวลา 5 นาที ที่การทำซ้ำครั้งที่ 1 ได้ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 39.4600 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ค่าปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดเท่ากับ 7.3342 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{เอสเอส} + \text{ทีดีเอส} \\ &= 39.4600 + 7.3342 \\ &= 46.7942 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 46.7942 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข.7 ปริมาณเถ้า

ตัวอย่างการคำนวณ

ชั่งครุฑีเบิลที่ผ่านการเผาและทิ้งให้เย็นจนได้น้ำหนักคงที่มีค่า 43.9297 กรัม และนำตะกอนของน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งที่ตกตะกอนด้วยโคโคซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 82.60 % ที่การทำซ้ำครั้งที่ 1 ที่ผ่านการอบแห้งมีน้ำหนัก 2.1502 กรัม นำไปเผาจนได้เถ้าสีขาวทิ้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักได้ 43.8757 กรัม คำนวณหาปริมาณเถ้า โดยแทนค่าต่าง ๆ ในสมการ คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} &= \frac{(43.9297-43.8757) \times 100}{2.1502} \\ &= 2.51\% \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าปริมาณเถ้า เท่ากับ 2.51 เปอร์เซ็นต์

ข.8 ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl Method

ตัวอย่างการคำนวณ

นำตะกอนของน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งที่เติมโคโคซานที่มีค่าระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 82.60% ที่การทำซ้ำครั้งที่ 1 ที่ผ่านการอบแห้งมีน้ำหนัก 2.0395 กรัม นำตัวอย่างที่กลั่นได้ไปไทเตรตกับสารละลายมาตรฐานที่วัดความเข้มข้นได้ 0.095 นอร์มัล และได้ปริมาณของสารละลายกรดมาตรฐาน ที่ใช้เท่ากับ 117.6 มิลลิลิตร โดยแทนค่าต่าง ๆ ในสมการ คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} &= (X \times N \times 1.4 \times 100) / (W \times 100) \\
 &= (117.6 \times 0.095 \times 1.4 \times 100) / (2.0395 \times 100) \\
 &= 7.6689
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} &= \text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด} \times 6.25 \\
 &= 7.6689 \times 6.25 \\
 &= 47.93
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าปริมาณโปรตีน เท่ากับ 47.93 เปอร์เซ็นต์

ข.9 ผลต่าง

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลต่างของความขุ่น

ผลต่างของความขุ่น แสดงได้ดังสมการ

$$\text{ผลต่างของความขุ่น} = | \text{ความขุ่นที่เวลา 0 นาที} - \text{ความขุ่นที่เวลา 120 นาที} |$$

ตัวอย่างน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเตาแห้งที่ตกตะกอนด้วยไคโตซานที่มีระดับการกำจัดหุ้จะซีดิล 82.60 % ที่ปริมาณไคโตซานที่ใช้ 0.00 กรัมต่อลิตร ที่การทำซ้ำครั้งที่ 1 ความขุ่นเริ่มต้น(0 นาที) เท่ากับ 694 NTU และความขุ่นสุดท้ายที่เวลา 120 นาที เท่ากับ 64.3 NTU คำนวณหาผลต่างของความขุ่น โดยแทนค่าต่างๆ ในสมการ คำนวณได้ดังนี้

$$\text{ผลต่างของความขุ่น} = | 694 - 64.3 | = 629.7 \text{ NTU}$$

ดังนั้น ค่าผลต่างของความขุ่น เท่ากับ 629.7 NTU

ข.10 เปอร์เซ็นต์การลดลง

ตัวอย่างการคำนวณ

เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่น

เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่นแสดงได้ดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่น} = \frac{\text{ความขุ่นเริ่มต้น} - \text{ความขุ่นสุดท้าย}}{\text{ความขุ่นเริ่มต้น}} \times 100$$

ตัวอย่างน้ำทิ้งสังเคราะห์จากกระบวนการผลิตเตาแห้งที่ตกตะกอนด้วยไคโตซานที่มีระดับการกำจัดหุ้จะซีดิล 82.60 % ที่ปริมาณไคโตซานที่ใช้ 0.00 กรัมต่อลิตร ที่การทำซ้ำครั้งที่ 1 ความขุ่นเริ่มต้น(0 นาที) เท่ากับ 694 NTU และความขุ่นสุดท้ายที่เวลา 120 นาที เท่ากับ 64.3 NTU คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่นโดยแทนค่าต่างๆ ในสมการ คำนวณได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่น} = \frac{694 - 64.3}{694} \times 100$$

$$= 90.7$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การลดลงของความขุ่น เท่ากับ 90.7

ข.11 อัตราการลดลง (rate of reduction)

ตัวอย่างการคำนวณ

อัตราการลดลงของความขุ่นที่ 0-5 นาที แสดงได้ดังสมการที่

$$\text{จาก} \quad \text{rate} = -r = \frac{-1}{v} \frac{dNTU}{dt} = \frac{NTU_i - NTU_f}{(v)(t_f - t_i)}$$

เมื่อ v คือ ปริมาตรรวมของน้ำที่ส่งเคราะห์จากกระบวนการผลิตเข้าห้องที่เติม
ไคโตซาน (มิลลิลิตร)

NTU_i คือ ความขุ่นสุดท้ายที่คงที่

NTU_f คือ ความขุ่นเริ่มต้น

t_f คือ เวลาสุดท้ายที่ความขุ่นคงที่ (นาที)

t_i คือ เวลาเริ่มต้น (0 นาที)

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำที่ส่งเคราะห์จากกระบวนการผลิตเข้าห้องปริมาตร 591 มิลลิลิตร ที่ตกตะกอนด้วยไคโตซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิดิล 82.60 % ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ได้ตามความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 0.3 กรัมต่อลิตร ความขุ่นเริ่มต้น (0 นาที) เฉลี่ยเท่ากับ 694 NTU และความขุ่น (5 นาที) เท่ากับ 93.0 NTU เวลาที่ความขุ่นคงที่เท่ากับ 120 นาที โดยมีปริมาตรรวมทั้งหมดของน้ำที่ส่งเคราะห์ที่เติมไคโตซาน 600 มิลลิลิตร ที่การทำซ้ำครั้งที่ 1 คำนวณหาอัตราการลดลงของความขุ่นที่ 0-5 โดยแทนค่าต่างๆ ในสมการ คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} -r &= \frac{93.0 - 694}{(600)(120 - 0)} \\ &= -0.0083 \text{ NTU/mL.min} \\ r &= 0.0083 \text{ NTU/mL.min} \end{aligned}$$

ดังนั้นอัตราการลดลงของความขุ่นที่ 0-5 นาที เท่ากับ 0.0083 NTU/mL.min

ภาคผนวก ค

วิธีการใช้เครื่องมือ

ค.1 จาร์เทสต์(Jar Test)

จาร์เทสต์ใช้หาชนิดและปริมาณของโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม ในการนำของแข็งที่แขวนลอยในน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ โดยเครื่องกวนมีที่กวนหลายตัวและสามารถปรับความเร็วได้ สภาวะมาตรฐานขึ้นอยู่กับ

1. ปริมาตรของน้ำเสียแต่ละครั้งต้องพอเหมาะ
2. มิติและรูปร่างของภาชนะที่ใช้บรรจุและที่กวน
3. เวลาและความเร็วของการกวนในระหว่างการผสม Turbulent phase
4. เวลาและความเร็วของการกวนในระหว่างการผสม Flocculation phase
5. ประเมินบรรทัดฐานที่ได้จากข้อสรุป

สภาวะที่ใช้คือ

1. บีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร ทรงสูงเส้นผ่านศูนย์กลาง 105 มิลลิเมตร
2. ใส่ตัวอย่าง 600 มิลลิลิตร
3. แท่งกวน สูง 125 มิลลิเมตร กว้าง 75 มิลลิเมตร หน้า 1 มิลลิเมตร
4. ความสูงของแท่งกวนควรอยู่ตรงกลางตัวอย่างน้ำเสีย
5. การกวนแบบเร็วหลังจากผสมสารเคมี ใช้ความเร็ว 120 รอบ ต่อนาที นาน 2 นาที
6. การกวนแบบช้าระหว่างการเกาะกลุ่มกัน ใช้ความเร็ว 30 รอบ ต่อนาที นาน 25 นาที
7. ประเมินผลครั้งแรกหลังหยุดการกวนและเกิดตะกอนเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง

ค.2 เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter)

วิธีการใช้เครื่อง

1. ก่อนทำการวัดความขุ่น ให้เปิดเครื่องเพื่ออุ่นเครื่องเป็นเวลา 15 นาที
2. จากนั้นเตรียมตัวอย่างสำหรับวัด โดยนำตัวอย่างน้ำประมาณ 30 มิลลิลิตร

เติมลงใน sample cell

3. ปิดฝา sample cell และหยด silicone oil ลงไป 1 หยด ใช้ผ้าเช็ดข้างหลอด

sample cell เพื่อทำความสะอาดภายนอกเซลล์วัด

4. นำตัวอย่างที่บรรจุอยู่ใน sample cell ใส่ลงในช่องวัดตัวอย่างของเครื่อง ปิดฝา
5. เลือกช่วงในการวัดเป็น manual หรือ automatic range โดยกดปุ่ม Range

6. เลือกการหาค่าเฉลี่ยของการวัด โดยกดปุ่ม SIGNAL AVG.
7. เลือก detector ในการวัด กดปุ่ม RATIO ซึ่งถ้าความขุ่น > 40 NTU ให้เลือก RATIO ON (เมื่อเลือก RATIO ON ไฟกระพริบตรงปุ่ม RATIO ON)
8. เลือกหน่วยในการวัด (เป็น NTU EBC NEPH) โดยกดปุ่ม UNITS EXIT
9. จากนั้นเมื่อเลือกฟังก์ชันต่าง ๆ จากข้อ 5-8 ครบแล้ว ให้กด ENTER อ่านค่าความขุ่นของตัวอย่าง

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์ทางสถิติ

คำสั่งโปรแกรมสำเร็จรูป SAS version 6.12 (SAS Institute cary, North Carolina USA) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์แบบ multiple comparisons โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ต่อการลดลงของค่าความขุ่นที่เวลา 120 นาที ของน้ำทิ้งที่ pH 5.0 5.5 และ 6.0 ที่ ความเข้มข้น 0.00 0.01 0.05 0.10.2 และ 0.3 g L-1 ที่ตกตะกอนด้วยโคโคซานโคโคซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซิติก 82.60 % 79.55% และ 72.13% แสดงได้ดังนี้

```

Program NTU
data fact_crd;
  do rep = 1 to 3;
    do DD = 'D1', 'D2', 'D3';
      do pH = '5.00', '5.50', '6.00';
        do Conc = '0.00', '0.01', '0.05', '0.10', '0.20', '0.30' ;
          input NTU @@;
          trt = DD||pH||Conc;
          output;
        end;
      end;
    end;
  end;
cards;
64.3 134.0 92.0 26.4 22.2 20.0 68.8 76.0 52.8 43.2 29.4 22.7
79.6 164.0 139.0 125.0 56.1 37.8 65.0 66.2 63.2 54.2 23.5 22.2
68.9 188.0 130.0 123.0 92.0 32.2 77.9 166.0 139.0 129.0 55.7 40.3
66.1 233.0 150.0 130.0 34.5 24.5 69.9 130.0 104.0 88.2 53.8 36.1
79.9 136.0 115.0 110.0 88.4 63.8
65.2 140.0 91.6 25.3 21.9 21.2 67.4 75.1 53.0 42.6 29.8 22.3
78.1 171.0 142.0 126.0 56.8 38.6 64.9 65.8 61.7 53.4 23.3 22.9
69.9 189.0 128.0 116.0 92.4 32.6 79.3 168.0 144.0 126.0 55.0 40.0
66.0 232.0 153.0 128.0 34.9 24.0 71.2 138.0 103.0 88.9 55.5 36.7
78.7 142.0 121.0 103.0 88.3 63.3
65.0 139.0 91.0 25.7 21.2 19.0 68.2 75.4 52.0 43.5 29.8 22.1
78.5 169.0 144.0 123.0 57.0 38.1 65.4 65.0 61.4 54.5 23.0 20.6
68.5 190.0 134.0 120.0 93.0 33.0 78.0 160.0 141.0 130.0 56.0 40.6
65.6 228.0 155.0 122.0 34.0 24.7 70.4 135.0 106.0 88.4 53.4 38.1
80.0 138.0 117.0 107.0 87.1 65.6
;
PROC ANOVA DATA = fact_crd;
  CLASS DD pH Conc;
  MODEL NTU = DD pH Conc DD*pH DD*Conc pH*Conc
              DD*pH*Conc;

PROC ANOVA DATA = fact_crd;
  CLASS trt;
  MODEL NTU = trt;

```

```
MEANS trt/DUNCAN;
RUN;
```

Output NTU

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class Levels Values

DD 3 D1 D2 D3

PH 3 5.00 5.50 6.00

CONC 6 0.00 0.01 0.05 0.10 0.20 0.30

Number of observations in data set = 162

Dependent Variable: NTU

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	53	379835.21530864	7166.70217563	2169.17	0.0001
Error	108	356.82000000	3.30388889		
Corrected Total	161	380192.03530864			

R-Square

C.V.

Root MSE

NTU Mean

0.999061

2.174556

1.81766028

83.58765432

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DD	2	17681.40234568	8840.70117284	2675.85	0.0001
PH	2	24799.18753086	12399.59376543	3753.03	0.0001
CONC	5	223961.54864198	44792.30972840	13557.45	0.0001
DD*PH	4	44756.79654321	11189.19913580	3386.68	0.0001
DD*CONC	10	7695.86432099	769.58643210	232.93	0.0001
PH*CONC	10	9648.53691358	964.85369136	292.04	0.0001
DD*PH*CONC	20	51291.87901235	2564.59395062	776.23	0.0001

Class Level Information

Class Levels Values

TRT 54 D15.000.00 D15.000.01 D15.000.05 D15.000.10 D15.000.20 D15.000.30 D15.500.00
D15.500.01 D15.500.05 D15.500.10 D15.500.20 D15.500.30 D16.000.00 D16.000.01
D16.000.05 D16.000.10 D16.000.20 D16.000.30 D25.000.00 D25.000.01 D25.000.05
D25.000.10 D25.000.20 D25.000.30 D25.500.00 D25.500.01 D25.500.05 D25.500.10

D25.500.20 D25.500.30 D26.000.00 D26.000.01 D26.000.05 D26.000.10 D26.000.20
 D26.000.30 D35.000.00 D35.000.01 D35.000.05 D35.000.10 D35.000.20 D35.000.30
 D35.500.00 D35.500.01 D35.500.05 D35.500.10 D35.500.20 D35.500.30 D36.000.00
 D36.000.01 D36.000.05 D36.000.10 D36.000.20 D36.000.30

Number of observations in data set = 162

Dependent Variable: NTU

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	53	379835.21530864	7166.70217563	2169.17	0.0001
Error	108	356.82000000	3.30388889		
Corrected Total	161	380192.03530864			

R-Square	C.V.	Root MSE	NTU Mean
0.999061	2.174556	1.81766028	83.58765432

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	53	379835.21530864	7166.70217563	2169.17	0.0001

Duncan's Multiple Range Test for variable: NTU

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the
 experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 108 MSE= 3.303889

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Critical Range	2.942	3.096	3.198	3.273	3.332	3.379	3.418	3.451	3.480	3.504	3.526	3.546	3.563	3.579
Number of Means	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Critical Range	3.593	3.606	3.617	3.628	3.638	3.647	3.655	3.663	3.670	3.677	3.683	3.689	3.695	3.700
Number of Means	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Critical Range	3.705	3.709	3.713	3.717	3.721	3.724	3.728	3.731	3.733	3.736	3.739	3.741	3.743	3.745
Number of Means	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54			
Critical Range	3.747	3.749	3.751	3.752	3.754	3.755	3.757	3.758	3.759	3.760	3.761			

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRT
A	231.000	3	D35.000.01
B	189.000	3	D25.500.01
C	168.000	3	D16.000.01
D	164.667	3	D26.000.01
E	152.667	3	D35.000.05
F	141.667	3	D16.000.05
F	141.333	3	D26.000.05
G	138.667	3	D36.000.01
G	137.667	3	D15.000.01
H	134.333	3	D35.500.01
I	130.667	3	D25.500.05

J	I	128.333	3	D26.000.10
J	K	126.667	3	D35.000.10
	K	124.667	3	D16.000.10
	L	119.667	3	D25.500.10
	L	117.667	3	D36.000.05
	M	106.667	3	D36.000.10
	M	104.333	3	D35.500.05
	N	92.467	3	D25.500.20
	N	91.533	3	D15.000.05
	O	88.500	3	D35.500.10
	O	87.933	3	D36.000.20
	P	79.533	3	D36.000.00
	P	78.733	3	D16.000.00
Q	P	78.400	3	D26.000.00
Q		75.500	3	D15.500.01
	R	70.500	3	D35.500.00
	R	69.100	3	D25.500.00
S	R	68.133	3	D15.500.00
S	T	65.900	3	D35.000.00
S	T	65.667	3	D25.000.01
S	T	65.100	3	D25.000.00
	T	64.833	3	D15.000.00
	T	64.233	3	D36.000.30
	U	62.100	3	D25.000.05
	V	56.633	3	D16.000.20
W	V	55.567	3	D26.000.20
W	V	54.233	3	D35.500.20
W	V	54.033	3	D25.000.10
W		52.600	3	D15.500.05
X		43.100	3	D15.500.10
Y	X	40.300	3	D26.000.30
Y	Z	38.167	3	D16.000.30
A	Z	36.967	3	D35.500.30
A	B	34.467	3	D35.000.20
C	B	32.600	3	D25.500.30
C		29.667	3	D15.500.20
	D	25.800	3	D15.000.10
E	D	24.400	3	D35.000.30
E	D	23.267	3	D25.000.20
E	F	22.367	3	D15.500.30
E	F	21.900	3	D25.000.30
E	F	21.767	3	D15.000.20
	F	20.067	3	D15.000.30

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางภาคผนวก จ-1 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ละอิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อ การลดลงของ
ความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	379835.22	7166.70	2169.17	0.0001*
DD	2	17681.40	2675.85	2675.85	0.0001*
pH	2	24799.19	12399.59	3753.03	0.0001*
Dosage	5	223961.55	44792.31	13557.45	0.0001*
DD*pH	4	44756.80	11189.20	3386.68	0.0001*
DD*Dosage	10	7695.86	769.59	232.93	0.0001*
pH*Dosage	10	9648.54	964.85	292.04	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	51291.88	2564.59	776.23	0.0001*
Error	108	356.82	3.30		
Total	161	380192.04			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-2 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ละอิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลง
ของความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	6203.40	117.05	1212.36	0.0001*
DD	2	294.08	147.04	1523.03	0.0001*
pH	2	156.54	78.27	810.70	0.0001*
Dosage	5	3787.03	757.41	7845.25	0.0001*
DD*pH	4	744.74	186.19	1928.52	0.0001*
DD*Dosage	10	143.83	14.38	148.98	0.0001*
pH*Dosage	10	189.52	18.95	196.30	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	887.68	44.38	459.73	0.0001*
Error	108	10.43	0.10		
Total	161	6213.83			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-3 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ะชิติลของโคโตซาน pH และปริมาณโคโตซาน ต่ออัตราการลดลง
ของความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	0.00038073	0.00000718	581.86	0.0001*
DD	2	0.00000285	0.00000143	115.54	0.0001*
pH	2	0.00004353	0.00002176	1762.87	0.0001*
Dosage	5	0.00009405	0.00001881	1523.59	0.0001*
DD*pH	4	0.00005171	0.00001293	1047.13	0.0001*
DD*Dosage	10	0.00004429	0.00000443	358.75	0.0001*
pH*Dosage	10	0.00005887	0.00000589	476.89	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	0.00008542	0.00000427	345.97	0.0001*
Error	108	0.00000133	0.00000001		
Total	161	0.00038206			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-4 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ะชิติลของโคโตซาน pH และปริมาณโคโตซาน ต่อการลดลงของของแข็ง
แขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	27802.14	524.57	2255.83	0.0001*
DD	2	4543.70	2271.85	9769.73	0.0001*
pH	2	1318.41	659.20	2834.80	0.0001*
Dosage	5	13335.14	2667.03	11469.14	0.0001*
DD*pH	4	2281.79	570.45	2453.12	0.0001*
DD*Dosage	10	2090.72	209.07	899.08	0.0001*
pH*Dosage	10	1346.62	134.66	579.09	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	2865.77	144.29	620.49	0.0001*
Error	108	25.11	0.23		
Total	161	27827.26			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-5 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ละอิดิลของโคโตซาน pH และปริมาณโคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลง
ของของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตได้น้ำแข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	4860.39	91.71	875.44	0.0001*
DD	2	731.28	365.64	3490.50	0.0001*
pH	2	136.27	68.14	650.45	0.0001*
Dosage	5	2426.27	485.25	4632.35	0.0001*
DD*pH	4	370.17	92.54	883.44	0.0001*
DD*Dosage	10	381.74	38.17	364.42	0.0001*
pH*Dosage	10	281.91	28.19	269.12	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	532.74	26.64	254.28	0.0001*
Error	108	11.31	0.10		
Total	161	4871.70			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-6 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ละอิดิลของโคโตซาน pH และปริมาณโคโตซาน ต่อการลดลงของของแข็ง
ละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตได้น้ำแข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	185.21	3.49446	87328.54	0.0001*
DD	2	4.41177	2.20589	55126.32	0.0001*
pH	2	133.82845	66.91423	99999.99	0.0001*
Dosage	5	28.48241	5.69648	99999.99	0.0001*
DD*pH	4	7.74700	1.93675	48400.46	0.0001*
DD*Dosage	10	2.68020	0.26802	6697.97	0.0001*
pH*Dosage	10	4.21675	0.42168	10537.90	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	3.83991	0.19200	4798.08	0.0001*
Error	108	0.00432	0.00004		
Total	161	185.21082			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-7 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ะชิติลของโคโตซาน pH และปริมาณโคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลง
ของของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	9631.103	181.7189	40326.66	0.0001*
DD	2	732.268	366.134	81251.67	0.0001*
pH	2	2819.010	1409.505	99999.99	0.0001*
Dosage	5	3558.786	711.757	99999.99	0.0001*
DD*pH	4	1185.488	296.372	65770.23	0.0001*
DD*Dosage	10	378.040	37.804	8389.38	0.0001*
pH*Dosage	10	441.249	44.125	9792.10	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	516.261	25.813	5728.38	0.0001*
Error	108	0.487	0.005		
Total	161	9631.589			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-8 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่ะชิติลของโคโตซาน pH และปริมาณโคโตซาน ต่อการลดลงของ
ของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	29362.06	554.00	2398.92	0.0001*
DD	2	4863.56	2431.78	10530.01	0.0001*
pH	2	1825.73	912.87	3952.86	0.0001*
Dosage	5	14083.92	2816.78	12197.14	0.0001*
DD*pH	4	2243.05	560.76	2428.19	0.0001*
DD*Dosage	10	2095.75	209.57	907.49	0.0001*
pH*Dosage	10	1394.81	139.48	603.98	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	2855.24	142.76	618.18	0.0001*
Error	108	24.94	0.23		
Total	161	29387.00			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-9 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด

หมู่ละอิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลง
ของของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	4764.00	89.89	604.72	0.0001*
DD	2	689.16	344.58	2318.20	0.0001*
pH	2	151.35	75.67	509.10	0.0001*
Dosage	5	2388.05	477.61	3213.16	0.0001*
DD*pH	4	396.63	99.16	667.09	0.0001*
DD*Dosage	10	359.91	35.99	242.13	0.0001*
pH*Dosage	10	278.69	27.87	187.49	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	500.21	25.01	168.26	0.0001*
Error	108	16.05	0.15		
Total	161	4780.05			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-10 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด

หมู่ละอิติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อการลดลงปริมาณ
โปรตีนของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	1.6326	0.0308	466.71	0.0001*
DD	2	0.0342	0.0171	259.10	0.0001*
pH	2	0.5072	0.2536	3842.41	0.0001*
Dosage	5	0.5698	0.1140	1726.64	0.0001*
DD*pH	4	0.0584	0.0146	221.07	0.0001*
DD*Dosage	10	0.0986	0.0099	149.43	0.0001*
pH*Dosage	10	0.1974	0.0197	298.99	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	0.1670	0.0084	126.53	0.0001*
Error	108	0.0071	0.0001		
Total	161	1.6398			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-11 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับการกำจัด
หมู่เอสติลของไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลง
ปริมาณ โปรตีนของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	30094.02	567.81	622.11	0.0001*
DD	2	1099.06	549.53	602.08	0.0001*
pH	2	7416.54	3708.27	4062.89	0.0001*
Dosage	5	10613.65	2122.73	2325.73	0.0001*
DD*pH	4	2293.34	573.33	628.16	0.0001*
DD*Dosage	10	1820.56	182.06	170.66	0.0001*
pH*Dosage	10	3735.61	373.56	409.29	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	3115.26	155.76	199.47	0.0001*
Error	108	98.57	0.91		
Total	161	30192.59			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการกำจัดหมู่เอสติลของ
ไคโตซาน ต่อการลดลงปริมาณโปรตีนของส่วนตะกอนของน้ำทิ้ง
จากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	2	8.34	4.17	51.64	0.0002*
Error	6	0.48	0.08		
Total	8	8.82			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการกำจัดหมู่เอสติลของ
ไคโตซาน ต่อการลดลงปริมาณเถ้าของส่วนตะกอนของน้ำทิ้ง
จากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	2	2.77	1.39	135.15	0.0001*
Error	6	0.06	0.01		
Total	8	2.84			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-14 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล
ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อ การลดลงของความชื้นของ
น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	347093.29	6548.93	1733.88	0.0001*
DD	2	16209.96	8104.98	2145.86	0.0001*
pH	2	31986.32	15993.16	4234.31	0.0001*
Dosage	5	206102.26	41220.45	10913.44	0.0001*
DD*pH	4	34365.46	8591.36	2274.63	0.0001*
DD*Dosage	10	14297.32	1429.73	378.53	0.0001*
pH*Dosage	10	7110.54	711.05	188.26	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	37021.41	1851.07	490.09	0.0001*
Error	108	407.92	3.77		
Total	161	347501.21			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-15 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล
ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของความชื้น
ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	5173.29	97.60	718.76	0.0001*
DD	2	211.12	105.56	777.32	0.0001*
pH	2	189.86	94.93	699.05	0.0001*
Dosage	5	3242.10	648.42	4774.74	0.0001*
DD*pH	4	586.91	146.72	1080.45	0.0001*
DD*Dosage	10	227.17	22.71	167.28	0.0001*
pH*Dosage	10	123.76	12.37	91.14	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	592.34	29.61	218.09	0.0001*
Error	108	14.66	0.13		
Total	161	5187.95			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-16 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่ออัตราการลดลงของความชื้น ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	0.00034460	0.00000650	419.65	0.0001*
DD	2	0.00001127	0.00000564	363.84	0.0001*
pH	2	0.00010212	0.00005106	3295.41	0.0001*
Dosage	5	0.00005264	0.00001053	679.52	0.0001*
DD*pH	4	0.00004357	0.00001089	703.02	0.0001*
DD*Dosage	10	0.00004245	0.00000424	273.96	0.0001*
pH*Dosage	10	0.00004734	0.00000473	305.55	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	0.00004621	0.00000226	145.91	0.0001*
Error	108	0.00000167	0.00000002		
Total	161	0.00034628			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-17 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อการลดลงของของแข็งแขวนลอย ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	26961.45	508.70	1613.49	0.0001*
DD	2	2425.32	1212.66	3846.26	0.0001*
pH	2	3666.60	1833.30	5814.77	0.0001*
Dosage	5	16794.54	3358.90	10653.62	0.0001*
DD*pH	4	214.44	53.61	170.04	0.0001*
DD*Dosage	10	2369.27	236.92	751.47	0.0001*
pH*Dosage	10	890.97	89.09	282.60	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	600.28	30.01	95.20	0.0001*
Error	108	34.05	0.31		
Total	161	26995.50			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-18 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	4748.51	89.59	1333.85	0.0001*
DD	2	503.18	251.59	3745.65	0.0001*
pH	2	388.79	194.39	2894.16	0.0001*
Dosage	5	3076.98	615.39	9161.80	0.0001*
DD*pH	4	82.57	20.64	307.35	0.0001*
DD*Dosage	10	452.40	45.24	673.52	0.0001*
pH*Dosage	10	140.47	14.04	209.13	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	104.09	5.20	77.48	0.0001*
Error	108	7.25	0.06		
Total	161	4755.76			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-19 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อการลดลงของของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าน้ำแข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	258.88285323	4.88458214	92237.13	0.0001*
DD	2	3.49379386	1.74689693	32987.21	0.0001*
pH	2	186.58803231	93.29401615	99999.99	0.0001*
Dosage	5	60.27295909	12.05459182	99999.99	0.0001*
DD*pH	4	0.38255640	0.09563910	1805.98	0.0001*
DD*Dosage	10	0.90478940	0.09047894	1708.54	0.0001*
pH*Dosage	10	5.78417295	0.57841730	10922.44	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	1.45654923	0.07282746	1375.22	0.0001*
Error	108	0.00571933	0.00005296		
Total	161	258.88857257			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-20 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของของแข็ง ละลายได้ทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	15883.03	299.67	35784.00	0.0001*
DD	2	578.04	289.02	34514.48	0.0001*
pH	2	5833.36	2916.68	99999.99	0.0001*
Dosage	5	8190.22	1638.045	99999.99	0.0001*
DD*pH	4	46.84	11.71	1398.53	0.0001*
DD*Dosage	10	129.24	12.92	1543.32	0.0001*
pH*Dosage	10	891.85	89.18	10649.45	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	213.44	10.67	1274.32	0.0001*
Error	108	0.90	0.01		
Total	161	15883.94			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-21 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อการลดลงของของแข็งทั้งหมด ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	29515.01	556.88	1762.92	0.0001*
DD	2	2589.90	1294.95	4099.39	0.0001*
pH	2	4903.13	2451.56	7760.84	0.0001*
Dosage	5	17826.38	3565.27	11286.47	0.0001*
DD*pH	4	300.20	75.05	237.59	0.0001*
DD*Dosage	10	2388.28	238.82	756.05	0.0001*
pH*Dosage	10	885.73	88.57	280.39	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	621.36	31.06	98.35	0.0001*
Error	108	34.11	0.31		
Total	161	29549.13			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-22 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของของแข็ง ทั้งหมดของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	4824.08	91.02	1365.13	0.0001*
DD	2	519.75	259.87	3697.66	0.0001*
pH	2	493.81	246.90	3703.11	0.0001*
Dosage	5	3054.68	610.93	9162.87	0.0001*
DD*pH	4	95.54	23.88	358.24	0.0001*
DD*Dosage	10	425.46	42.54	638.12	0.0001*
pH*Dosage	10	138.01	13.80	206.99	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	96.81	4.84	72.60	0.0001*
Error	108	7.20	0.06		
Total	161	4831.28			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-23 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อการลดลงปริมาณโปรตีนของ น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	4.11583175	0.07765720	2438.07	0.0001*
DD	2	0.19684609	0.09842304	3090.03	0.0001*
pH	2	1.93227416	0.96613708	30332.21	0.0001*
Dosage	5	1.56183642	0.31236728	9806.88	0.0001*
DD*pH	4	0.01089651	0.00272413	85.52	0.0001*
DD*Dosage	10	0.01606260	0.00324537	101.89	0.0001*
pH*Dosage	10	0.36546228	0.03654623	1147.38	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	0.03245369	0.00080313	25.21	0.0001*
Error	108	0.00344000	0.00003185		
Total	161	4.11927175			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-24 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล
ไคโตซาน pH และปริมาณไคโตซาน ต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงปริมาณ
โปรตีนของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	53	74164.27	1399.32	1201.80	0.0001*
DD	2	2227.50	1113.75	956.54	0.0001*
pH	2	33868.52	16934.26	14543.86	0.0001*
Dosage	5	28561.09	5712.219	4905.90	0.0001*
DD*pH	4	1587.63	396.90	340.88	0.0001*
DD*Dosage	10	807.77	80.77	69.38	0.0001*
pH*Dosage	10	6678.57	667.85	573.58	0.0001*
DD*pH*Dosage	20	433.16	21.65	18.60	0.0001*
Error	108	125.75	1.16		
Total	161	74290.02			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานต่อการ
ลดลง ปริมาณโปรตีนของส่วนตะกอนของน้ำทิ้งจากกระบวนการ
ผลิตเต้าหู้แข็ง

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	2	11.67	5.83	52.54	0.0002*
Error	6	0.67	0.11		
Total	8	12.33			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานต่อการ
ลดลงปริมาณเถ้าของส่วนตะกอนของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็ง

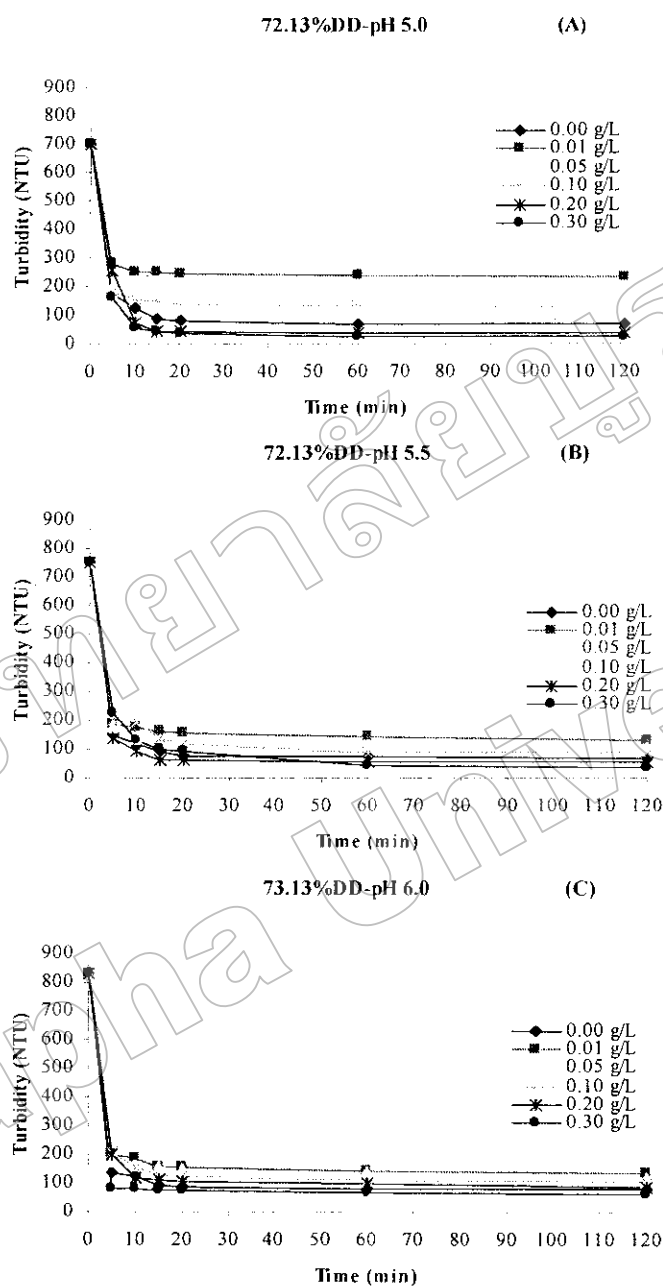
Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	2	2.06	1.03	217.99	0.0001*
Error	6	0.03	0.01		
Total	8	2.09			

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ภาคผนวก จ

ข้อมูลกราฟ

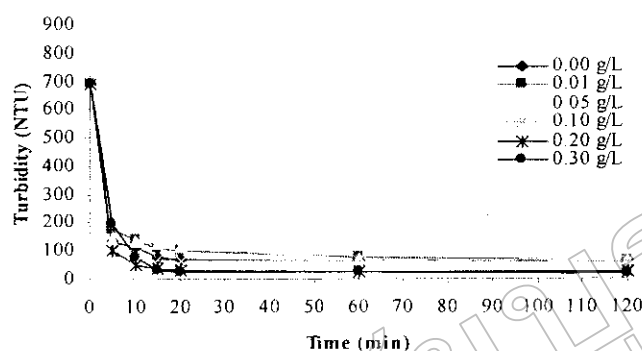
ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน (72.13 ± 4.40 , 79.55 ± 1.90 และ 82.60 ± 3.85 เปอร์เซ็นต์) pH (5.0 5.5 และ 6.0) และปริมาณโคโคซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อความชื้นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งในช่วง 0-120 นาที แสดงได้ดังภาพภาคผนวก จ-1 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติล 72.13 เปอร์เซ็นต์) ภาพภาคผนวก จ-2 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติล 79.55 เปอร์เซ็นต์) และ ภาพภาคผนวก จ-3 (ระดับการกำจัดหมู่อะซิติล 82.60 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ



ภาพภาคผนวก ข-1 ผลของระดับการกำจัดหมู่ซิติลของโคโคซาน (72.13 เปอร์เซ็นต์) pH (A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0) และปริมาณโคโคซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งในช่วง 0-120 นาที

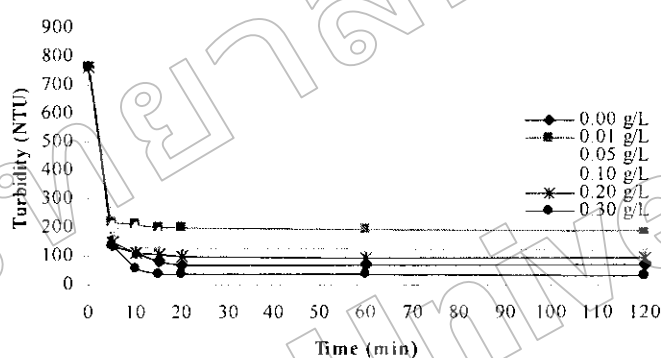
79.55%DD-pH 5.0

(A)



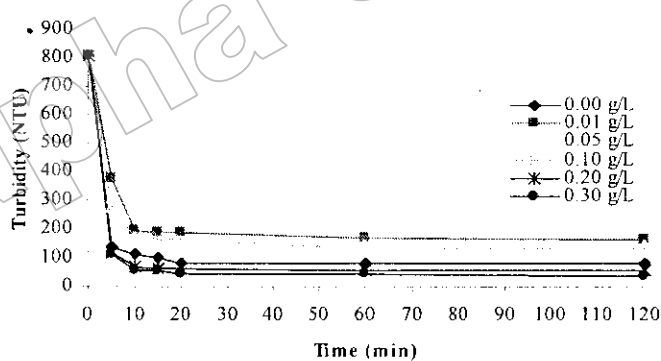
79.55%DD-pH 5.5

(B)



79.55%DD-pH 6.0

(C)



ภาพภาคผนวก ข-2 ผลของระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของโคโคซาน (79.55 เปอร์เซ็นต์) pH (A: pH 5.0, B: pH 5.5 และ C: pH 6.0) และปริมาณโคโคซาน (0.00, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร) ต่อความขุ่นของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งในช่วง 0-120 นาที