

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน

ก-1 ระดับการกำจัดหมู่อะซีติล

วิเคราะห์ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของไคโตซานโดยวิธี Colloid Titration ของ มงคล
สุขวัฒนาสินธิ์ (2544) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์

- ขวดรูปชมพู่ขนาด 25 และ 100 มิลลิลิตร
- กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร
- บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
- ปิเปตขนาด 5 มิลลิลิตร
- หลอดหยด
- ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย 1-n-Hexadecylpyridinium Chloride Monohydrate (CPC) (CPC 12.5 มิลลิกรัม ในกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หรือความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)
2. สารละลายโพแทสเซียมโพลีไวนิลซัลเฟต (PVSK) (PVSK 25 มิลลิกรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร หรือความเข้มข้นประมาณ 1/400 N)
3. สารละลายอินดิเคเตอร์โทลูไดอินบลู ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (โทลูไดอินบลู 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร)
4. สารละลายไคโตซานตัวอย่าง (ไคโตซานตัวอย่างประมาณ 10 มิลลิกรัม ในกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หรือความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.04 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ทำแบลงค์ไทเทรชันโดยปิเปตกรดอะซิติก 0.1 โมลาร์ มา 5 มิลลิลิตร เติมนลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร หยดสารละลายโทลูไดอินบลู ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ลงไป 1-2 หยด ทำการไทเทรตด้วยสารละลาย PVSK และกวนสารละลายในขวดอยู่เสมอจนกระทั่งสารละลาย

เปลี่ยนจากสีฟ้ากลายเป็นสีม่วงแดงและมีตะกอนปรากฏขึ้น บันทึกปริมาตรของ PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต ทำการไทเทรตซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยจากค่าปริมาตรที่ต่างกันไม่เกิน 0.1 มิลลิลิตร

2. หาความเข้มข้นของ PVSK โดยปิเปตสารละลาย CPC มา 5 มิลลิลิตร เติมนลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร หยดสารละลายไทลู่ไดอินบรู ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ลงไป 1-2 หยด แล้วทำการไทเทรตด้วยสารละลาย PVSK เช่นเดียวกับข้อ 3.1 นำค่าเฉลี่ยปริมาตรมาคำนวณหาความเข้มข้นของ PVSK จากสมการที่ (ก-1)

$$N = (50 \times C') / (358D) \quad (\text{ก-1})$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของ PVSK (นอร์มัล)

C' คือ ความเข้มข้นของ CPC (ร้อยละ)

D คือ ผลต่างของปริมาตรที่ได้จากการไทเทรต CPC และแบลงค์

3. ทำการไทเทรตสารละลายโคโคซานตัวอย่าง โดยปิเปตสารละลายโคโคซานมา 5 มิลลิลิตร เติมนลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร หยดสารละลายไทลู่ไดอินบรู ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ลงไป 1-2 หยด แล้วทำการไทเทรตด้วยสารละลาย PVSK เช่นเดิม นำค่าเฉลี่ยปริมาตรมาคำนวณหาระดับอะซิทิลเลชัน (%DA) ของโคโคซานตัวอย่าง จากสมการที่ (ก-2)

$$\%DA = 100 \times (50C - 161ND) / (42ND + 50C) \quad (\text{ก-2})$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของ PVSK ที่หาได้จากการไทเทรตในข้อ 3.2 (นอร์มัล)

D คือ ผลต่างของปริมาตรที่ได้จากการไทเทรตสารละลายโคโคซาน และแบลงค์

C คือ ความเข้มข้นของสารละลายโคโคซานตัวอย่าง (ร้อยละ)

ก-2 ความหนืด

วิธีการวิเคราะห์ความหนืดโดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ No et al. (2000) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

- เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer)
- ชุด Small Sample Adapter

- Spindle No. SC4-18 Model LV
- กรดอะซิติคความเข้มข้นร้อยละ 1
- เครื่องทำน้ำเย็น (Cooler)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายไอโซซานความเข้มข้นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ในกรดอะซิติคความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใช้เวลาการผสม 30 นาที โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กที่ความเร็วเบอร์ 10
2. ต่อสายยางหมุนเวียนน้ำระหว่างชุด Small Sample Adapter กับเครื่องทำน้ำเย็น โดยตั้งอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำเย็นที่ 25 องศาเซลเซียส
3. เติมตัวอย่างสารละลายไอโซซานที่เตรียมได้ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ลงในช่องใส่ตัวอย่างของชุด Small Sample Adapter แล้วต่อเข้ากับแกนของเครื่องวัดความหนืด Brookfield
4. วัดค่าความหนืดโดยใช้ Rheocalc Software ตั้งโปรแกรมให้เครื่องเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างเป็น 25 องศาเซลเซียส เพิ่มความเร็วรอบครั้งละ 0.5 รอบต่อนาที ทุก ๆ 30 วินาที ตัวอย่างข้อมูลที่ได้นำมาแสดงได้ดังตารางภาคผนวก ก-1 (ใช้ตัวอย่างไอโซซานที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส การสกัด 1 รอบ และเวลา 2 ชั่วโมง ชั่วโมง 1)

ตารางภาคผนวก ก-1 ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จาก Rheocalc Data โดยใช้ชุด Small Sample Adapter

หัวเข็มเบอร์ SC4-18 รุ่น LV เพิ่มความเร็วรอบครั้งละ 0.5 รอบต่อนาที ทุก ๆ 30 วินาที และควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ± 1 องศาเซลเซียส

Speed	Viscosity	% Torque	Shear Stress	Shear Rate	Temperature	Time Interval	Spindle	Model
1.0	881.81	29.44	11.64	1.32	25.00	00:30.3	SC4-18	LV
1.5	901.81	45.07	17.86	1.98	25.10	00:30.2	SC4-18	LV
2.0	835.32	55.72	22.05	2.64	25.10	00:30.2	SC4-18	LV
2.5	769.04	64.09	25.38	3.30	25.10	00:30.2	SC4-18	LV
3.0	775.83	77.60	30.72	3.96	25.00	00:30.3	SC4-18	LV
3.5	730.13	85.19	33.73	4.62	25.10	00:30.2	SC4-18	LV
4.0	725.10	96.68	38.29	5.28	25.10	00:30.2	SC4-18	LV
4.5	706.52	105.99	41.97	5.94	25.00	00:30.3	SC4-18	LV
5.0	659.86	110.00	43.55	6.60	25.00	00:30.2	SC4-18	LV

5. เลือกอ่านค่าความหนืดที่ความเร็รรอบ 2 รอบต่อนาที (รายงานผลเป็นหน่วย เซนติพอยต์) เนื่องจากเป็นความเร็รรอบที่สามารถอ่านค่าความหนืดได้ทุกตัวอย่าง และสามารถใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความหนืดระหว่างตัวอย่างได้

ก-3 น้ำหนักโมเลกุล

วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานโดยวิธี Intrinsic Viscosity ของ วิภาวี ไสเวน (2544) และ Maghami and Robert (1988) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

- เครื่องแก้ววัดความหนืด (Ubbelohde Viscometer ขนาด 0B)
- เครื่องกวนแม่เหล็ก
- ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
- กระจกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร
- จุกยาง
- นาฬิกาจับเวลา
- กรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 และ 1 โมลาร์
- สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.2 และ 1 โมลาร์

การเตรียมสารเคมี

1. เตรียมสารละลายประกอบด้วยของผสมของกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และ โซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ อัตราส่วน 1:1

2. Stock Solution ของไคโตซานตัวอย่าง มีวิธีการเตรียมดังนี้

2.1 เตรียม Stock Solution ของไคโตซานความเข้มข้น 7.6×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (C_1) โดยการชั่งไคโตซานตัวอย่างมา 0.076 กรัม ละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร แล้วกวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น กวนต่อไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.2 เตรียม Stock Solution ของไคโตซานความเข้มข้น 2.53×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร (C_2) โดยปิเปต Stock Solution จากข้อ 2.1 มา 15 มิลลิลิตร แล้วเติมตัวทำละลายผสมในข้อ 1 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร (ปริมาตรรวมเป็น 45 มิลลิลิตร)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวทำละลายผสม 14 มิลลิลิตร (C_0) เติมลงใน Ubbelohde Viscometer (ภาพภาคผนวก ก-1) โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ใช้จุกยางดูดสารละลายขึ้นมาให้อยู่เหนือจุด a เล็กน้อย แล้วปล่อยจุกยาง บันทึกเวลาที่สารละลายเคลื่อนที่จากจุด a ถึง b 3 ครั้ง จากนั้นนำช่วงเวลา 2 ครั้งที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดมาหาค่าเฉลี่ย
2. ปิเปตสารละลาย C_1 ปริมาตร 14 มิลลิลิตร เติมลงใน Ubbelohde Viscometer แล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1
3. เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 5.43×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร (C_2) โดยปิเปตสารละลาย C_1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติมลงใน Ubbelohde Viscometer และเติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 4 มิลลิลิตร ทำการเขย่าแล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1
4. เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 3.80×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร (C_3) โดยปิเปตสารละลาย C_1 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร เติมลงใน Ubbelohde Viscometer และเติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 7 มิลลิลิตร ทำการเขย่าแล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1
5. ปิเปตสารละลาย C_4 ปริมาตร 14 มิลลิลิตร เติมลงใน Ubbelohde Viscometer แล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1
6. เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.81×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร (C_5) โดยปิเปตสารละลาย C_4 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติมลงใน Ubbelohde Viscometer และเติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 4 มิลลิลิตร ทำการเขย่าแล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1
7. เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.44×10^{-4} กรัมต่อมิลลิลิตร (C_6) โดยปิเปตสารละลาย C_4 ปริมาตร 8 มิลลิลิตร เติมลงใน Ubbelohde Viscometer และเติมตัวทำละลายผสมปริมาตร 6 มิลลิลิตร ทำการเขย่าแล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1
8. นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับความเข้มข้นของไคโตซาน (C) นำจุดตัดแกน Y มาคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุล โดยใช้สมการของ Mark-Houwink แสดงได้ดังสมการที่ (ก-3)

$$[\eta] = KM_v^a \quad (\text{ก-3})$$

เมื่อ $[\eta]$ คือ Intrinsic Viscosity
 M_v คือ Viscosity Average Molecular Weight
 K และ a คือ ค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์ ตัวทำละลายและอุณหภูมิ



ภาพภาคผนวก ก-1 ตำแหน่ง a และ b ใน Ubbelohde Viscometer

ก-4 ปริมาณเก่า

วิเคราะห์โดยวิธีของ AOAC ข้อ 942.05 (AOAC, 1990) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- กรูชิเบล
- เตาเผาเก่า
- เคซิเคเตอร์

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. เผากรูชิเบลที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีจนมีน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของกรูชิเบล
2. ชั่งตัวอย่างไคโตซานแห้ง ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในกรูชิเบลนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมงจนกระทั่งได้สีขาว ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนักกรูชิเบล แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเก่าทั้งหมด จากสมการที่

(ก-4)

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักครุชิลและเถ้า - น้ำหนักครุชิล}}{\text{น้ำหนักแห้งของไคโตซาน}} \times 100 \quad (\text{ก-4})$$

ก-5 ปริมาณไนโตรเจน

วิเคราะห์โดยวิธีของ AOAC ข้อ 976.05 (AOAC, 1990) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

- เครื่องย่อยสาร (Digestion Unit, Buchi K-424, Switzerland)
- เครื่องกำจัดไอรก (Scrubber Unit, Buchi B-414, Switzerland)
- เครื่องกลั่นสาร (Distillation Unit, Buchi B-324, Switzerland)
- ขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร
- ขวดรูปชมพูนขนาด 250 มิลลิลิตร
- บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
- กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร
- หลอดหยด
- คะตะลิสต์ผสม
- กรดกำมะถันเข้มข้น
- เซียร์อินดิเคเตอร์
- สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
- สารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 32 โดยน้ำหนัก

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. การย่อยสลาย (Digestion)

ชั่งไคโตซานตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 1 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่ในหลอดย่อยสาร เติมกะตะลิสต์ผสม 5 กรัม และกรดกำมะถันเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ทำการ Preheat เครื่องย่อยสารโดยปรับความร้อนไปที่ตำแหน่ง 10 เป็นเวลา 10 นาที แล้วเปิดเครื่องกำจัดไอรก นำหลอดย่อยสารเข้าเครื่องย่อยสาร และปรับความร้อนไปที่ตำแหน่ง 8 ย่อยจนได้ของเหลวใสสีเขียว นำหลอดย่อยสารออกจากเครื่องย่อยสารมาวางไว้บน Rack ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. การกลั่น (Distillation)

เตรียมสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดเชอร์วีนดิเคเตอร์ 1-2 หยด ต้อหลอดย้อยสารเข้าเครื่องกลั่น เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 32 ลงในหลอดย้อยสาร จนกระทั่งสารละลายในหลอดเป็นน้ำตาล โดยปลายข้างหนึ่งของคอนเดนเซอร์จุ่มอยู่ในขวดปชมพู่ที่มีสารละลายกรดบอริกเป็นตัวเก็บสาร ใช้เวลากลั่น 3 นาที

3. การไทเทรต (Titration)

นำตัวอย่างที่กลั่นได้ในขวดปชมพู่มาไทเทรตกับสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มอ่อน บันทึกปริมาตรของกรดซัลฟูริกแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด จากสมการที่ (ก-5)

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = (V_1 - V_2) \times N \times 1.4/W \quad (\text{ก-5})$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก (นอร์มัล)

W คือ น้ำหนักแห้งของโคโคซาน (กรัม)

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์สมบัติการใช้งานของไคโตซาน

ก่อนการวิเคราะห์สมบัติการใช้งานของไคโตซาน ไคโตซานตัวอย่างทั้งหมดจะถูกนำไปบดให้ได้ขนาด 0.2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องบด Centrifugal Mill แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ข-1 ความสามารถในการจับสีย้อม

ศึกษาความสามารถการจับสีย้อมของไคโตซานในรูปปริมาณการดูดซับสูงสุด (q_{max}) และค่าคงที่ของสมดุล (b) โดยวิเคราะห์ไอโซเทอร์มของการดูดซับ (Adsorption isotherm) ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm Equation) วิเคราะห์โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Tongta et al. (1994) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

- กระดาษกรองใยแก้ว (Whatman, 47 มิลลิเมตร)
- ชุดกรอง
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- หลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร
- เครื่องเขย่า
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
- สีสังเคราะห์ในรูปผง Brilliant Blue FCF

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. การสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายสีย้อมให้มีความเข้มข้น 2.5-15 มิลลิกรัมต่อลิตร และปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายสีย้อมให้มีค่า 3 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 629 นาโนเมตร โดยใช้น้ำปราศจากไอออนที่ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้มีค่า 3 เป็นแบลนด์

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 เตรียมสารละลายสีย้อมความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 5 ระดับ คือ 100 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำปราศจากไอออนที่ปรับค่าความเป็นกรดต่างเป็น 3 ปริมาตร 25

มิลลิลิตร (V) ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เตรียมทั้งหมด 2 ชุดการทดลอง ประกอบด้วยชุดการทดลอง 1 ชุด และชุดควบคุม 1 ชุด

2.2 เติมไคโตซานตัวอย่างน้ำหนัก 0.05 กรัม (M) ลงในขวดรูปชมพู่ชุดทดลอง แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.3 หากความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายสีย้อมในชุดควบคุม (C_i) และชุดทดลอง (C_f) โดยนำสารละลายจากข้อ 2.2.2 ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วเปิดสารละลายส่วนบนไปกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว นำสารละลายที่กรองได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 629 นาโนเมตร โดยใช้น้ำปราศจาก อีออนที่ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้มีค่า 3 เป็นเบสค์

2.4 นำค่าความเข้มข้นที่ได้ไปคำนวณปริมาณการดูดซับ (q) ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ จากสมการที่ (ข-1)

$$q = V(C_i - C_f)/M \quad (\text{ข-1})$$

เมื่อ

q คือ ปริมาณการดูดซับสีย้อมของไคโตซาน (มิลลิกรัมต่อกรัม)

V คือ ปริมาตรของสารละลายสีย้อม (มิลลิลิตร)

C_i คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีย้อมจากชุดควบคุม (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_f คือ ความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายสีย้อมจากชุดทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

M คือ มวลของไคโตซานที่ใช้ในการดูดซับ (มิลลิกรัม)

2.5 นำค่าความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายสีย้อม (C_f) และค่าปริมาณการดูดซับสีย้อม (q) ที่คำนวณได้จากข้อ 2.4 มาทำนายค่าปริมาณการดูดซับสูงสุด ($q_{\max}$) และค่าคงที่ของสมดุล (b) ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ จากสมการที่ (ข-2)

$$q = \frac{q_{\max} C_f}{k + C_f} \quad (\text{ข-2})$$

ข-2 ความสามารถในการจับไขมัน

วิเคราะห์โดยวิธีของ No et al. (2000) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

- น้ำมันถั่วเหลืองตราอรุณ
- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- หลอดปั่นเหวี่ยงขนาดเล็ก
- เครื่องผสมในหลอดทดลอง

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. นำหลอดปั่นเหวี่ยงขนาดเล็กมาทำการชั่ง และ Tare น้ำหนัก
2. ชั่งโคโคซานตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม (B_1) ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาดเล็ก แล้วเติมน้ำมันพืชตราอรุณปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที โดยทำการเขย่าทุก ๆ 10 นาที นานประมาณ 5 วินาที
4. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 3200 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 25 นาที
5. รินสารละลายส่วนบนทิ้ง แล้วนำหลอดปั่นเหวี่ยงไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (B_2) นำค่าที่ได้ไปคำนวณความสามารถในการจับไขมัน (FBC) จากสมการที่ (ข-3)

$$FBC (\%w/w) = (B_2 - B_1) \times 100/B_1 \quad (\text{ข-3})$$

เมื่อ B_1 คือ น้ำหนักของโคโคซานตัวอย่าง (กรัม)

B_2 คือ น้ำหนักของโคโคซานตัวอย่างรวมกับน้ำหนักของน้ำมันที่ถูกจับ (กรัม)

ข-3 ความสามารถในการจับน้ำ

วิเคราะห์โดยวิธีของ No et al. (2000) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- หลอดปั่นเหวี่ยงขนาดเล็ก
- ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
- เครื่องผสมในหลอดทดลอง

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. นำหลอดปั่นเหวี่ยงขนาดเล็กมาทำการชั่ง และ Tare น้ำหนัก
2. ชั่งโคโคซานตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม (C_1) ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาดเล็ก แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที โดยทำการเขย่าทุก ๆ 10 นาที นานประมาณ 5 วินาที
4. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 3200 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 25 นาที
5. รินสารละลายส่วนบนทิ้ง แล้วนำหลอดปั่นเหวี่ยงไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (C_2) นำค่าที่ได้ไปคำนวณความสามารถการจับน้ำ (WBC) จากสมการที่ (ข-4)

$$WBC (\%w/w) = (C_2 - C_1) \times 100/C_1 \quad (\text{ข-4})$$

เมื่อ C_1 คือ น้ำหนักของโคโคซานตัวอย่าง (กรัม)

C_2 คือ น้ำหนักของโคโคซานตัวอย่างรวมกับน้ำหนักของน้ำที่ถูกจับ (กรัม)

ข-4 ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์

ศึกษาความสามารถการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโคโคซานโดยวัดการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าชั้นบนของสารละลายอิมัลชันตามเวลา วิธีการวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีของ Del Blanco et al. (1999) และทำนายการลดลงของค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์จาก Second-Order Exponential Equation (Sanchez & Patino, 2005) โดยมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุอุปกรณ์

- เครื่องศึกษาปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reactor Teaching Equipment)
- เซลล์วัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Measurement Cell, 667 426)
- กล่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Box, 524 037)
- เครื่องปั่น (Homogenizer)
- น้ำมันถั่วเหลืองตรางู
- ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร
- หลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายไอโธซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 1 กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. เตรียมอิมัลชันโดยมีไอโธซานเป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยเติมน้ำมันพืชปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในสารละลายไอโธซานปริมาตร 30 มิลลิลิตร ปั่นกวนด้วยความเร็ว 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที
3. วัดค่าการนำไฟฟ้าชั้นบนของสารละลายอิมัลชันเทียบกับเวลา โดยวัดลึกลงไปจากผิวหน้าของสารละลายอิมัลชัน 1.5 เซนติเมตร ความคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ช่วงการวัดระหว่าง 0-2 มิลลิวินาทีต่อเซนติเมตร
4. นำค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้มาคำนวณค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ (Relative Conductivity, C/C_0) ของสารละลายอิมัลชันที่เวลาต่างๆ
5. ทำนายการลดลงของค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ของสารละลายอิมัลชัน จาก Second-Order Exponential Equation (สมการที่ (4-1))

ภาคผนวก ค

วิธีการคำนวณสมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน

ค-1 ตัวอย่างการคำนวณระดับการกำจัดหมู่อะซีติล

การวิเคราะห์ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของไคโตซานใช้วิธี Colloid Titration โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมโพลีไวนิลซัลเฟต (N/400 Potassium Polyvinyl Sulfate: $f = 1.006$) (ใช้ตัวอย่างไคโตซานที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส การสกัด 2 รอบ และเวลา 1 ชั่วโมง)

การคำนวณความเข้มข้นของสารเคมี

1. ความเข้มข้นของสารละลาย CPC และสารละลายไคโตซาน

ความเข้มข้นของสารละลาย CPC และสารละลายไคโตซานคำนวณได้จากน้ำหนักของ CPC และตัวอย่างไคโตซานในการดอะซีติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แสดงได้ดังตารางภาคผนวก ค-1

ตารางภาคผนวก ค-1 ความเข้มข้นของสารละลาย CPC และสารละลายไคโตซาน

สารเคมี	น้ำหนัก (มิลลิกรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (ร้อยละ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)
CPC	13.1	25	0.0524 (C')
ตัวอย่างไคโตซานซ้ำ 1	10.1	25	0.0404 (C)
ตัวอย่างไคโตซานซ้ำ 2	10.0	25	0.0400 (C)
ตัวอย่างไคโตซานซ้ำ 3	9.9	25	0.0396 (C)

2. ความเข้มข้นของ PVSK

ความเข้มข้นของ PVSK หาได้จากการไทเทรตสารละลาย CPC ปริมาตรของ PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต แสดงได้ดังตารางภาคผนวก ค-2

ตารางภาคผนวก ค-2 ปริมาตรของ PVSK ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงก์ และสารละลาย CPC

ครั้งที่	ปริมาตร PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)	
	แบลงก์ไทเทรชัน	CPC ไทเทรชัน
1	0.15	3.85
2	0.15	3.85
3	0.15	3.90
เฉลี่ย	0.15	3.87

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของ PVSK (นอร์มัล)} = (50 \times C') / (358D)$$

$$= (50 \times 0.0524) / (358 \times 3.72) \text{ นอร์มัล}$$

$$= 1.97 \times 10^{-3} \text{ นอร์มัล}$$

การคำนวณระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของโคโคซาน

ระดับอะซีติลเลชันของโคโคซานหาได้จากการไทเทรตสารละลายโคโคซานด้วย PVSK ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน ปริมาตรของ PVSK ที่ใช้ในการไทเทรตแสดงได้ดังตารางภาคผนวก ค-3

ตารางภาคผนวก ค-3 ปริมาตรของ PVSK ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายโคโคซาน

ครั้งที่	ปริมาตร PVSK ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)		
	ตัวอย่างโคโคซานซ้ำ 1	ตัวอย่างโคโคซานซ้ำ 2	ตัวอย่างโคโคซานซ้ำ 3
1	5.00	4.80	4.75
2	4.95	4.75	4.70
3	5.00	4.80	4.70
เฉลี่ย	4.98	4.78	4.72

การคำนวณ

ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของตัวอย่างไคโตซานซ้ำ 1

$$\begin{aligned}\%DA1 &= 100 \times (50C - 161ND)/(42ND + 50C) \\ &= 100 \times (50 \times 0.0404 - 161 \times 1.97 \times 10^{-3} \times 4.83)/(42 \times 1.97 \times 10^{-3} + 50 \times 0.0404) \\ &= 10.46\end{aligned}$$

$$\%DD1 = 100 - 10.46 = 89.54$$

ระดับอะซีติลเลขของตัวอย่างไคโตซานซ้ำ 2

$$\begin{aligned}\%DA2 &= 100 \times (50 \times 0.0400 - 161 \times 1.97 \times 10^{-3} \times 4.63)/(42 \times 1.97 \times 10^{-3} + 50 \times 0.0400) \\ &= 13.27\end{aligned}$$

$$\%DD2 = 100 - 13.27 = 86.73$$

ระดับอะซีติลเลขของตัวอย่างไคโตซานซ้ำ 3

$$\begin{aligned}\%DA3 &= 100 \times (50 \times 0.0396 - 161 \times 1.97 \times 10^{-3} \times 4.57)/(42 \times 1.97 \times 10^{-3} + 50 \times 0.0396) \\ &= 13.64\end{aligned}$$

$$\%DD3 = 100 - 13.64 = 86.36$$

ก-2 ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักโมเลกุล

การวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานใช้วิธี Intrinsic Viscosity หรือวิธี Dilute Solution Viscosity เป็นการหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยคิดในรูปความหนืด (Viscosity Average Molecular Weight, M_v) การหาค่าน้ำหนักโมเลกุลโดยวิธีนี้อาศัยหลักการที่ว่าความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย และขนาดโดยเฉลี่ยหรือน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ ความหนืดของพอลิเมอร์สามารถหาได้จากเครื่องวัดความหนืด Ubbelohde Viscometer โดยการจับเวลาที่ตัวทำละลายและสารละลายพอลิเมอร์ใช้ในการเคลื่อนที่ (ใช้ตัวอย่างไคโตซานที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส การสกัด 3 รอบ และเวลา 1 ชั่วโมง ซ้ำ 1) ระยะเวลาที่ตัวทำละลายและสารละลายไคโตซานเคลื่อนที่ รวมทั้งวิธีการคำนวณแสดงได้ดังตารางภาคผนวก ก-4

ตารางภาคผนวก ค-4 การคำนวณค่าความหนืดของสารละลายไคโตซานในกรดอะซิติก
ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ที่
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้ Ubbelohde Viscometer ขนาด 0B

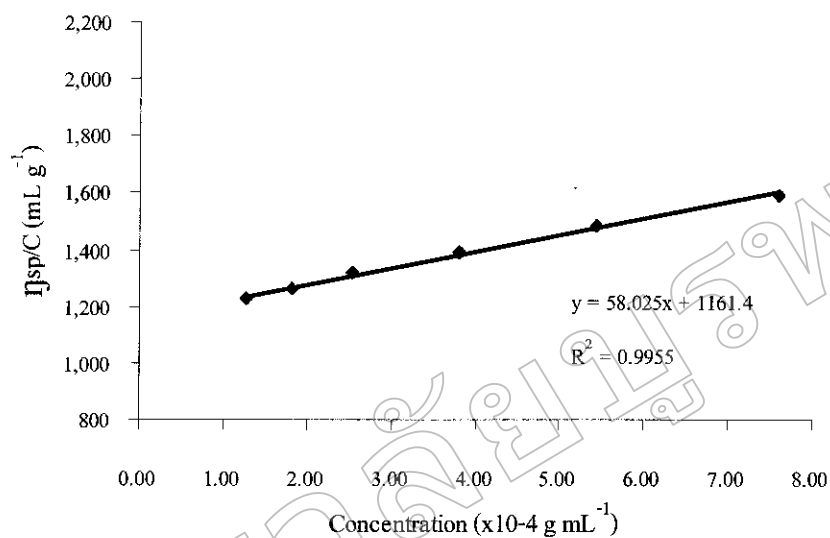
สารละลาย	ความเข้มข้น C ($\times 10^{-4}$ กรัมต่อมิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)			เวลาเฉลี่ย t (วินาที)	η_r	η_{sp}	η_{sp}/C (mL/g)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3				
C ₀	0.00	173.35	172.47	173.03	173.19	1.000	0.000	0
C ₁	7.60	383.62	382.59	382.87	382.73	2.210	1.210	1592
C ₂	5.43	312.68	314.66	313.13	312.91	1.807	0.807	1486
C ₃	3.80	263.97	264.60	264.71	264.66	1.528	0.528	1390
C ₄	2.53	231.03	230.68	229.43	230.86	1.333	0.333	1316
C ₅	1.81	213.44	212.90	212.58	212.74	1.228	0.228	1262
C ₆	1.27	200.21	201.25	199.84	200.03	1.155	0.155	1225

กำหนดให้ η_r คือ ความหนืดสัมพัทธ์ (Relative Viscosity) $\approx t_{\text{solution}}/t_{\text{solvent}}$

η_{sp} คือ ความหนืดเฉพาะ (Specific Viscosity) $= \eta_r - 1$

t_{solution} และ t_{solvent} คือ ระยะเวลาที่ตัวทำละลายและสารละลายเคลื่อนที่

จากสมการของ Mark-Houwink $[\eta] = KM_v^a$ เมื่อ $[\eta]$ (Intrinsic Viscosity) คือ ความหนืดเฉพาะของพอลิเมอร์ต่อหน่วยความเข้มข้น (C) ที่ความเข้มข้นเป็นศูนย์ สามารถหาค่า $[\eta]$ ได้จากการเขียนกราฟระหว่าง η_{sp}/C (แกน Y) กับ C (แกน X) ผลการทดลองให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (ภาพภาคผนวก ค-1) โดยจุดตัดแกน Y (Y-Intercept, C=0) คือ $[\eta]$ จากนั้นนำค่า $[\eta]$ มาคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน สำหรับไคโตซานในตัวทำละลายผสมของกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่า $K = 1.8 \times 10^{-3}$ กรัมต่อมิลลิลิตร และ $a = 0.93$ จากภาพภาคผนวก ค-1 ได้ค่าจุดตัดแกน Y เท่ากับ 1161.4



ภาพภาคผนวก ค-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/C กับความเข้มข้นของสารละลาย
ไคโตซาน

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 [\eta] &= KM_v^a \\
 M_v^a &= [\eta]/K \\
 &= 1161.4/0.0018 = 645222.2 \\
 a \log M_v &= \log (645222.2) = 5.809709 \\
 \log M_v &= 5.809709/0.93 = 6.246999 \\
 M_v &= 10^{6.246999} = 1,766,035
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณสมบัติการใช้งานของไคโตซาน

ง-1 ตัวอย่างการคำนวณความสามารถการจับสีย้อม

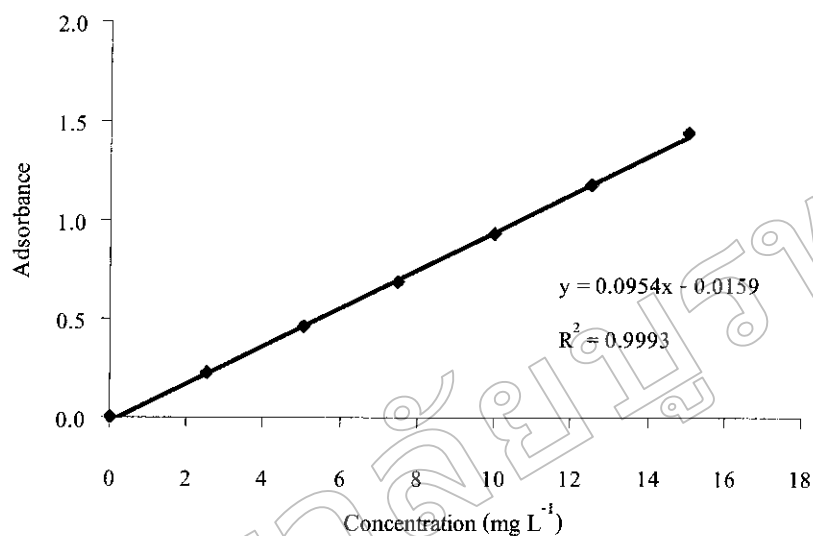
การวิเคราะห์ความสามารถการจับสีย้อมของไคโตซาน ใช้วิธีวิเคราะห์ไอโซเทอร์มของการดูดซับ และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์คำนวณหาปริมาณการดูดซับสูงสุด ($q_{\max}$) และค่าคงที่ของสมดุล (b)

การสร้างกราฟมาตรฐานของสีย้อม

ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสี Brilliant Blue FCF ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ค่าความเป็นกรดต่าง 3 แสดงได้ดังตารางภาคผนวก ง-1 และกราฟมาตรฐานของสารละลายสีแสดงได้ดังภาพภาคผนวก ง-1

ตารางภาคผนวก ง-1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสี Brilliant Blue FCF ที่ความยาวคลื่น 629 นาโนเมตร ค่าความเป็นกรดต่าง 3

ความเข้มข้นของสารละลายสี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000
2.5	0.220	0.226	0.217	0.221
5	0.456	0.452	0.459	0.456
7.5	0.691	0.687	0.685	0.688
10	0.924	0.930	0.934	0.929
12.5	1.168	1.161	1.177	1.169
15	1.444	1.439	1.429	1.437



ภาพภาคผนวก ง-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายสี Brilliant Blue FCF ที่ความยาวคลื่น 629 นาโนเมตร ค่าความเป็นกรดต่าง 3

การคำนวณปริมาณการดูดซับสีของไคโตซาน

ปริมาณของดูดซับสีของไคโตซาน (q) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ ง-1 คือ

$q = V(C_i - C_f)/M$ โดยที่ V คือ ปริมาตรของสารละลายสีของ C_i และ C_f คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นและความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายสีของ ตามลำดับ และ M คือ มวลของไคโตซาน ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการดูดซับสีของไคโตซานในแต่ละความเข้มข้นแสดงได้ดังตาราง

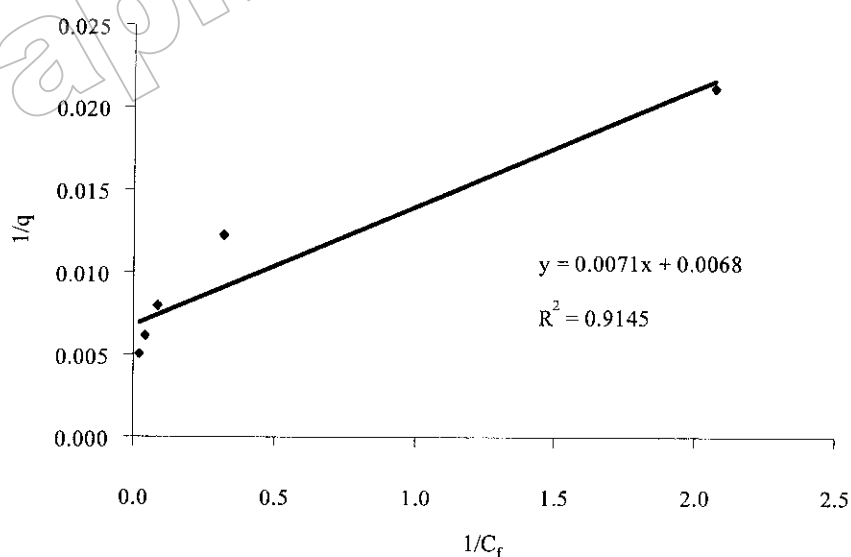
ภาคผนวก ง-2 (ใช้ตัวอย่างไคโตซานที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส การสกัด 2 รอบ และเวลา 1 ชั่วโมง ซ้ำ 2)

ตารางภาคผนวก ง-2 การคำนวณปริมาณการดูดซับสีย้อมของไคโตซานในแต่ละความเข้มข้น โดยใช้สารละลายสีย้อมปริมาตร 25 มิลลิลิตร และใช้ตัวอย่างไคโตซาน 50 มิลลิกรัม

C_i (มิลลิกรัมต่อลิตร)	C_f (มิลลิกรัมต่อลิตร)	q (มิลลิกรัมต่อกรัม)
0.000	0.000	0.000
95.309	0.483	47.413
167.644	3.072	82.286
265.550	12.066	126.742
355.602	24.796	165.403
449.843	46.284	201.779

การคำนวณปริมาณการดูดซับสูงสุดของสีย้อม

ปริมาณการดูดซับสูงสุด ($q_{\max}$) และค่าคงที่ของสมดุล (b) สามารถคำนวณได้จากการเขียนสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/q$ กับ $1/C_f$ (ภาพภาคผนวก ง-2) โดยค่าความชัน (Slope) คือ $k/q_{\max}$ และจุดตัดแกน Y คือ $1/q_{\max}$



ภาพภาคผนวก ง-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/q$ กับ $1/C_f$

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{q_{\max} C_f}{k + C_f} \\
 1/q &= \frac{k + C_f}{q_{\max} C_f} \\
 &= \left[\frac{k}{q_{\max} C_f} \right] + \left[\frac{1}{q_{\max}} \right] \\
 &= \left[\frac{k}{q_{\max}} \right] \left[\frac{1}{C_f} \right] + \left[\frac{1}{q_{\max}} \right] \\
 \therefore q_{\max} &= 1/0.0068 \\
 &= 147.059 \text{ มิลลิกรัมต่อกรัม} \\
 \therefore b &= 1/k \\
 &= 1/(0.0071 \times 147.059) \\
 &= 0.958 \text{ ลิตรต่อมิลลิกรัม}
 \end{aligned}$$

ง-2 ตัวอย่างการคำนวณความสามารถเป็นอิมัลซิไฟเออร์

การวิเคราะห์ความสามารถเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโคโคซานใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าชั้นบนของสารละลายอิมัลชันตามเวลา และทำนายการลดลงของค่าการนำไฟฟ้าสัมพันธ์จาก Second-Order Exponential Equation (ใช้ตัวอย่างโคโคซานที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส การสกั๊ด 1 รอบ และเวลา 1 ชั่วโมง ชั่วโมง 1)

การคำนวณค่าการนำไฟฟ้าสัมพันธ์ของสารละลายอิมัลชัน

ตัวอย่างการคำนวณค่าการนำไฟฟ้าสัมพันธ์ C_t/C_i เมื่อ C_t คือ ค่าการนำไฟฟ้าที่เวลาใด ๆ ($t = t$) และ C_i คือ ค่าการนำไฟฟ้าที่มีค่าสูงสุด หรือค่าการนำไฟฟ้าที่เวลาเริ่มต้น ($t = 0$) แสดงได้ดังตารางภาคผนวก ง-3

ตารางภาคผนวก ง-3 การคำนวณค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ของสารละลายอิมัลชันชั้นบน

เวลา (นาที่)	ค่าการนำไฟฟ้า (mS cm ⁻¹)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์	เวลา (นาที่)	ค่าการนำไฟฟ้า (mS cm ⁻¹)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์
0	0.735	0.962	790	0.523	0.685
5	0.748	0.979	850	0.509	0.666
10	0.751	0.983	910	0.493	0.645
15	0.759	0.993	1,000	0.473	0.619
20	0.761	0.996	1,090	0.459	0.601
25	0.764 (C _p)	1.000	1,180	0.446	0.584
40	0.761	0.996	1,270	0.435	0.569
55	0.761	0.996	1,360	0.422	0.552
70	0.759	0.993	1,450	0.411	0.538
85	0.759	0.993	1,540	0.406	0.531
100	0.759	0.993	1,630	0.398	0.521
115	0.759	0.993	1,720	0.393	0.514
130	0.759	0.993	1,810	0.387	0.507
160	0.756	0.990	1,930	0.379	0.496
190	0.751	0.983	2,050	0.374	0.490
220	0.745	0.975	2,170	0.369	0.483
250	0.729	0.954	2,290	0.363	0.475
280	0.714	0.935	2,410	0.358	0.469
310	0.698	0.914	2,530	0.355	0.465
340	0.682	0.893	2,650	0.350	0.458
370	0.668	0.874	2,770	0.345	0.452
430	0.642	0.840	2,890	0.342	0.448
490	0.618	0.809	3,010	0.340	0.445
550	0.597	0.781	3,160	0.334	0.437
610	0.573	0.750	3,310	0.329	0.431
670	0.557	0.729	3,460	0.326	0.427
730	0.541	0.708	3,610	0.321	0.420

ตารางภาคผนวก ง-3 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	ค่าการนำไฟฟ้า (mS cm ⁻¹)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์	เวลา (นาทีก)	ค่าการนำไฟฟ้า (mS cm ⁻¹)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์
3,760	0.316	0.414	4,960	0.279	0.365
3,910	0.310	0.406	5,110	0.276	0.361
4,060	0.305	0.399	5,260	0.273	0.357
4,210	0.300	0.393	5,410	0.271	0.355
4,360	0.294	0.385	5,560	0.271	0.355
4,510	0.289	0.378	5,710	0.271	0.355
4,660	0.284	0.372	5,860	0.271	0.355
4,810	0.281	0.368			

การทำนายการลดลงของค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ของสารละลายอิมัลชัน

ใช้คำสั่ง Solver Parameter จากโปรแกรม Excel ทำนายค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ และค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ Second-Order Exponential ผลการคำนวณโดยใช้ Solver Parameter แสดงได้ดังสมการที่ (ง-1)

$$C/C_i = A_1 \exp(-t/t_1) + A_2 \exp(-t/t_2) \\ = 0.663 \exp(-t/1176.694) + 0.368 \exp(-t/2,7041,082,663.540) \quad (\text{ง-1})$$

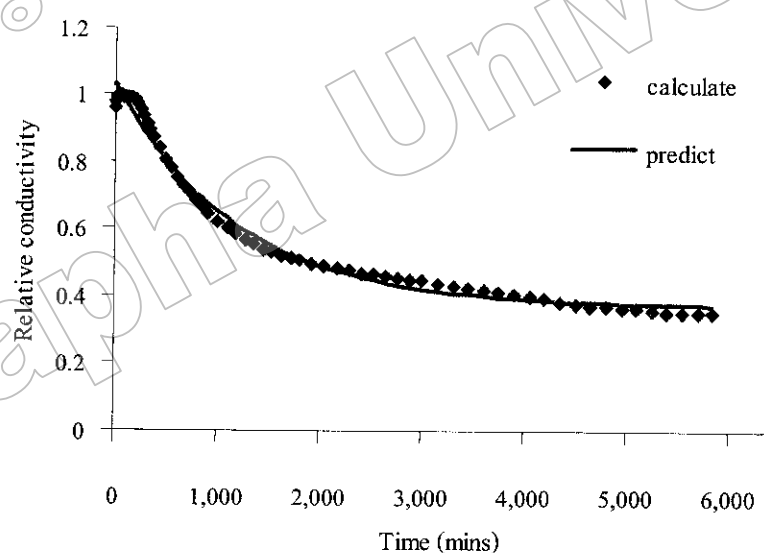
ค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ที่ทำนายได้จากสมการที่ (ง-1) แสดงได้ดังตารางภาคผนวก ง-4 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ที่คำนวณได้กับค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ที่ทำนายได้จาก Second-Order Exponential Equation แสดงได้ดังภาพภาคผนวก ง-3

ตารางภาคผนวก ง-4 ตัวอย่างผลการทำนายค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ของสารละลายอิมัลชันชั้นบน
จาก Second-Order Exponential Equation

เวลา (นาทีก)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่คำนวณได้	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่ทำนายได้	เวลา (นาทีก)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่คำนวณได้	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่ทำนายได้
0	0.962	1.031	790	0.685	0.707
5	0.979	1.028	850	0.666	0.690
10	0.983	1.025	910	0.645	0.674
15	0.993	1.023	1,000	0.619	0.652
20	0.996	1.020	1,090	0.601	0.631
25	1.000	1.017	1,180	0.584	0.611
40	0.996	1.009	1,270	0.569	0.593
55	0.996	1.001	1,360	0.552	0.577
70	0.993	0.993	1,450	0.538	0.561
85	0.993	0.985	1,540	0.531	0.547
100	0.993	0.977	1,630	0.521	0.534
115	0.993	0.969	1,720	0.514	0.522
130	0.993	0.962	1,810	0.507	0.511
160	0.990	0.947	1,930	0.496	0.497
190	0.983	0.932	2,050	0.490	0.484
220	0.975	0.918	2,170	0.483	0.473
250	0.954	0.904	2,290	0.475	0.463
280	0.935	0.891	2,410	0.469	0.454
310	0.914	0.877	2,530	0.465	0.445
340	0.893	0.865	2,650	0.458	0.438
370	0.874	0.852	2,770	0.452	0.431
430	0.840	0.828	2,890	0.448	0.425
490	0.809	0.805	3,010	0.445	0.420
550	0.781	0.783	3,160	0.437	0.413
610	0.750	0.763	3,310	0.431	0.408
670	0.729	0.743	3,460	0.427	0.403

ตารางภาคผนวก ง-4 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่คำนวณได้	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่ทำนายได้	เวลา (นาทีก)	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่คำนวณได้	ค่าการนำไฟฟ้า สัมพัทธ์ที่ทำนายได้
730	0.708	0.725	3,610	0.420	0.399
3,760	0.414	0.395	4,960	0.365	0.378
3,910	0.406	0.392	5,110	0.361	0.377
4,060	0.399	0.389	5,260	0.357	0.376
4,210	0.393	0.387	5,410	0.355	0.375
4,360	0.385	0.385	5,560	0.355	0.374
4,510	0.378	0.383	5,710	0.355	0.373
4,660	0.372	0.381	5,860	0.355	0.373
4,810	0.368	0.379			



ภาพภาคผนวก ง-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ที่คำนวณได้ กับค่าการนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ที่ทำนายได้จาก Second-Order Exponential Equation

ภาคผนวก จ
ข้อมูลการทดลอง

ตารางภาคผนวก จ-1 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ
ปริมาณไคโตซานที่ผลิตได้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณไคโตซาน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้งของไคติน)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	79.83	80.02	79.43	79.76 ± 0.30
110	1	2	80.11	79.63	79.43	79.72 ± 0.35
110	1	3	79.96	80.00	79.76	79.91 ± 0.13
110	2	1	77.20	77.12	76.94	77.09 ± 0.13
110	2	2	77.84	77.54	76.78	77.39 ± 0.55
110	2	3	76.76	77.72	77.46	77.31 ± 0.50
110	3	1	73.14	73.55	73.91	73.54 ± 0.38
110	3	2	73.93	73.88	73.75	73.85 ± 0.09
110	3	3	73.18	72.64	72.34	72.72 ± 0.42
120	1	1	80.28	78.26	77.09	78.54 ± 1.62
120	1	2	78.78	79.57	77.09	78.48 ± 1.27
120	1	3	76.52	79.13	78.76	78.14 ± 1.41
120	2	1	75.96	77.68	77.36	77.00 ± 0.91
120	2	2	76.82	77.46	77.08	77.12 ± 0.32
120	2	3	77.46	77.52	76.64	77.21 ± 0.49
120	3	1	73.77	73.07	74.25	73.70 ± 0.59
120	3	2	72.50	72.66	72.61	72.59 ± 0.08
120	3	3	72.75	71.73	71.89	72.13 ± 0.55
130	1	1	79.13	78.41	75.89	77.81 ± 1.70
130	1	2	75.87	75.96	76.17	76.00 ± 0.16
130	1	3	76.74	76.50	76.04	76.43 ± 0.35
130	2	1	74.14	73.82	73.50	73.82 ± 0.32
130	2	2	71.86	74.06	72.46	72.79 ± 1.14
130	2	3	73.32	72.38	74.08	73.26 ± 0.85
130	3	1	69.73	69.43	68.29	69.15 ± 0.76
130	3	2	68.45	67.48	69.32	68.42 ± 0.92
130	3	3	67.70	67.54	67.93	67.72 ± 0.20

ตารางภาคผนวก จ-2 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อระดับ
การกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	(รอบ) (รอบที่)	เวลา (ชั่วโมง)	ระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน (ร้อยละ)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	77.41	78.33	76.95	77.56 ± 0.70
110	1	2	83.71	83.54	81.20	82.82 ± 1.40
110	1	3	86.24	84.33	84.21	84.93 ± 1.14
110	2	1	89.06	88.27	87.94	88.42 ± 0.58
110	2	2	91.50	91.65	91.83	91.66 ± 0.16
110	2	3	90.67	93.21	92.27	92.05 ± 1.28
110	3	1	91.03	90.21	90.08	90.44 ± 0.52
110	3	2	94.28	93.82	91.48	93.19 ± 1.50
110	3	3	93.38	95.46	93.87	94.24 ± 1.09
120	1	1	80.58	83.35	81.46	81.80 ± 1.41
120	1	2	87.53	84.69	85.67	85.96 ± 1.45
120	1	3	89.22	88.96	89.90	89.36 ± 0.48
120	2	1	90.70	91.77	92.10	91.52 ± 0.73
120	2	2	92.92	92.58	93.08	92.86 ± 0.26
120	2	3	93.43	93.60	95.40	94.14 ± 1.09
120	3	1	94.04	91.79	93.06	92.96 ± 1.12
120	3	2	94.91	91.91	94.36	93.73 ± 1.60
120	3	3	95.21	96.44	94.41	95.35 ± 1.02
130	1	1	84.26	84.78	84.50	84.51 ± 0.26
130	1	2	86.49	88.58	86.32	87.13 ± 1.25
130	1	3	91.25	91.42	88.69	90.46 ± 1.53
130	2	1	91.07	91.93	91.60	91.53 ± 0.43
130	2	2	92.25	92.09	92.76	92.37 ± 0.35
130	2	3	93.10	94.43	92.09	93.21 ± 1.17
130	3	1	92.92	94.08	93.74	93.58 ± 0.60
130	3	2	94.43	93.77	93.94	94.05 ± 0.34
130	3	3	94.96	95.46	96.20	95.54 ± 0.63

ตารางภาคผนวก จ-3 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ
ความหนักของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ความหนืดของสารละลายไคโตซาน (เซนติพอยต์)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	3123.0	3060.0	3100.0	3094.3 ± 31.9
110	1	2	2125.0	2140.0	2053.0	2106.0 ± 46.5
110	1	3	1698.0	1655.0	1656.0	1669.7 ± 24.5
110	2	1	1414.0	1381.0	1399.0	1398.0 ± 16.5
110	2	2	780.0	777.0	721.0	759.3 ± 33.2
110	2	3	578.0	594.0	624.0	598.7 ± 23.4
110	3	1	1127.0	1127.0	1071.0	1108.3 ± 32.3
110	3	2	546.0	570.0	527.0	547.7 ± 21.5
110	3	3	320.0	248.0	270.0	279.3 ± 36.9
120	1	1	1747.0	1709.0	1694.0	1716.7 ± 27.3
120	1	2	834.0	860.0	781.0	825.0 ± 40.3
120	1	3	594.0	636.0	610.0	613.3 ± 21.2
120	2	1	585.0	556.0	612.0	584.3 ± 28.0
120	2	2	286.0	309.0	290.0	295.0 ± 12.3
120	2	3	154.0	147.0	127.0	142.7 ± 14.0
120	3	1	205.0	263.0	241.0	236.3 ± 29.3
120	3	2	170.0	161.0	147.0	159.3 ± 11.6
120	3	3	43.0	40.0	56.0	46.3 ± 8.5
130	1	1	571.0	522.0	590.0	561.0 ± 35.1
130	1	2	184.0	205.0	219.0	202.7 ± 17.6
130	1	3	188.0	173.0	162.0	174.3 ± 13.1
130	2	1	157.0	136.0	144.0	145.7 ± 10.6
130	2	2	36.0	43.0	45.0	41.3 ± 4.7
130	2	3	23.0	24.0	28.0	25.0 ± 2.6
130	3	1	54.0	50.0	49.0	51.0 ± 2.6
130	3	2	28.0	37.0	26.0	30.3 ± 5.9
130	3	3	4.0	5.0	4.0	4.3 ± 0.6

ตารางภาคผนวก จ-4 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ
น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน (ดาลตัน)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	2.18E+06	2.26E+06	2.24E+06	2.22E+06 $\pm$ 3.95E+04
110	1	2	1.98E+06	2.25E+06	2.27E+06	2.17E+06 $\pm$ 1.60E+05
110	1	3	1.74E+06	1.54E+06	1.75E+06	1.68E+06 $\pm$ 1.21E+05
110	2	1	2.07E+06	2.06E+06	2.15E+06	2.09E+06 $\pm$ 4.97E+04
110	2	2	1.46E+06	1.34E+06	1.38E+06	1.39E+06 $\pm$ 5.96E+04
110	2	3	1.28E+06	1.06E+06	1.06E+06	1.14E+06 $\pm$ 1.27E+05
110	3	1	1.77E+06	1.74E+06	1.77E+06	1.76E+06 $\pm$ 1.97E+04
110	3	2	1.04E+06	1.07E+06	9.29E+05	1.01E+06 $\pm$ 7.60E+04
110	3	3	9.90E+05	8.97E+05	9.82E+05	9.57E+05 $\pm$ 5.16E+04
120	1	1	1.82E+06	1.84E+06	1.91E+06	1.86E+06 $\pm$ 4.69E+04
120	1	2	1.58E+06	1.49E+06	1.50E+06	1.53E+06 $\pm$ 5.00E+04
120	1	3	1.30E+06	1.30E+06	1.36E+06	1.32E+06 $\pm$ 3.02E+04
120	2	1	1.31E+06	1.32E+06	1.28E+06	1.30E+06 $\pm$ 1.96E+04
120	2	2	1.03E+06	9.25E+05	9.73E+05	9.76E+05 $\pm$ 5.24E+04
120	2	3	6.12E+05	7.13E+05	7.23E+05	6.83E+05 $\pm$ 6.12E+04
120	3	1	9.98E+05	9.54E+05	1.00E+06	9.85E+05 $\pm$ 2.72E+04
120	3	2	7.83E+05	7.05E+05	7.32E+05	7.40E+05 $\pm$ 3.97E+04
120	3	3	5.75E+05	5.52E+05	5.36E+05	5.54E+05 $\pm$ 1.98E+04
130	1	1	1.49E+06	1.37E+06	1.54E+06	1.47E+06 $\pm$ 8.86E+04
130	1	2	9.61E+05	1.04E+06	1.07E+06	1.02E+06 $\pm$ 5.55E+04
130	1	3	7.21E+05	7.28E+05	7.56E+05	7.35E+05 $\pm$ 1.85E+04
130	2	1	8.14E+05	7.50E+05	7.89E+05	7.84E+05 $\pm$ 3.22E+04
130	2	2	3.44E+05	3.78E+05	3.46E+05	3.56E+05 $\pm$ 1.88E+04
130	2	3	2.36E+05	2.52E+05	2.66E+05	2.51E+05 $\pm$ 1.46E+04
130	3	1	5.46E+05	4.87E+05	4.37E+05	4.90E+05 $\pm$ 5.45E+04
130	3	2	2.56E+05	2.51E+05	1.89E+05	2.32E+05 $\pm$ 3.72E+04
130	3	3	1.39E+05	1.34E+05	1.33E+05	1.35E+05 $\pm$ 3.34E+03

ตารางภาคผนวก จ-5 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อความหนาแน่นของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ความหนาแน่นของไคโตซาน (กรัมต่อมิลลิตร)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	0.267	0.258	0.254	0.260 ± 0.007
110	1	2	0.260	0.250	0.250	0.253 ± 0.006
110	1	3	0.260	0.260	0.270	0.263 ± 0.006
110	2	1	0.270	0.280	0.280	0.277 ± 0.006
110	2	2	0.290	0.280	0.290	0.288 ± 0.006
110	2	3	0.280	0.290	0.280	0.282 ± 0.006
110	3	1	0.290	0.290	0.290	0.292 ± 0.000
110	3	2	0.300	0.300	0.310	0.306 ± 0.006
110	3	3	0.300	0.320	0.300	0.308 ± 0.012
120	1	1	0.260	0.260	0.260	0.259 ± 0.000
120	1	2	0.260	0.260	0.260	0.259 ± 0.000
120	1	3	0.270	0.260	0.260	0.267 ± 0.006
120	2	1	0.280	0.280	0.270	0.278 ± 0.006
120	2	2	0.280	0.280	0.280	0.277 ± 0.000
120	2	3	0.290	0.290	0.290	0.290 ± 0.000
120	3	1	0.290	0.300	0.290	0.294 ± 0.006
120	3	2	0.300	0.300	0.310	0.305 ± 0.006
120	3	3	0.310	0.320	0.300	0.311 ± 0.010
130	1	1	0.260	0.260	0.270	0.265 ± 0.006
130	1	2	0.290	0.280	0.280	0.283 ± 0.006
130	1	3	0.280	0.280	0.280	0.280 ± 0.000
130	2	1	0.290	0.290	0.280	0.286 ± 0.006
130	2	2	0.300	0.300	0.300	0.298 ± 0.000
130	2	3	0.320	0.320	0.320	0.319 ± 0.000
130	3	1	0.300	0.310	0.320	0.312 ± 0.010
130	3	2	0.330	0.330	0.320	0.325 ± 0.006
130	3	3	0.350	0.370	0.360	0.361 ± 0.010

ตารางภาคผนวก จ-6 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ
ความเป็นกรดต่างของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรดต่างของไคโตซาน			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	7.08	7.10	7.33	7.17 ± 0.14
110	1	2	7.29	7.09	7.07	7.15 ± 0.12
110	1	3	7.15	7.12	7.23	7.16 ± 0.06
110	2	1	7.19	7.27	7.44	7.30 ± 0.13
110	2	2	7.34	7.47	7.55	7.45 ± 0.11
110	2	3	7.50	7.67	7.82	7.66 ± 0.16
110	3	1	7.11	7.12	7.45	7.22 ± 0.19
110	3	2	7.36	7.27	7.44	7.35 ± 0.09
110	3	3	7.52	7.63	7.86	7.67 ± 0.17
120	1	1	7.35	7.25	7.19	7.26 ± 0.08
120	1	2	7.63	7.61	7.55	7.60 ± 0.04
120	1	3	7.65	7.40	7.46	7.50 ± 0.13
120	2	1	7.78	7.85	7.80	7.81 ± 0.04
120	2	2	8.01	7.63	7.85	7.83 ± 0.19
120	2	3	7.88	7.72	8.11	7.90 ± 0.20
120	3	1	7.92	7.76	7.94	7.87 ± 0.10
120	3	2	7.76	7.74	8.05	7.85 ± 0.17
120	3	3	8.31	8.33	8.06	8.23 ± 0.15
130	1	1	7.27	7.15	7.21	7.21 ± 0.06
130	1	2	7.57	7.62	7.43	7.54 ± 0.10
130	1	3	7.67	7.47	7.46	7.53 ± 0.12
130	2	1	7.71	7.87	7.98	7.85 ± 0.14
130	2	2	8.37	8.25	8.25	8.29 ± 0.07
130	2	3	8.56	8.47	8.39	8.47 ± 0.09
130	3	1	8.14	8.39	8.31	8.28 ± 0.13
130	3	2	8.57	8.54	8.56	8.56 ± 0.02
130	3	3	8.55	8.68	8.76	8.66 ± 0.11

ตารางภาคผนวก จ-7 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ ปริมาณความชื้นของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้นของไคโตซาน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	7.16	8.33	7.31	7.60 ± 0.64
110	1	2	8.37	8.13	8.30	8.27 ± 0.12
110	1	3	9.33	8.82	9.00	9.05 ± 0.26
110	2	1	8.20	7.78	8.01	8.00 ± 0.21
110	2	2	8.86	8.68	9.29	8.94 ± 0.31
110	2	3	9.24	9.14	8.79	9.06 ± 0.23
110	3	1	7.88	7.90	8.02	7.93 ± 0.07
110	3	2	9.24	9.00	9.18	9.14 ± 0.12
110	3	3	8.88	8.51	6.94	8.11 ± 1.03
120	1	1	9.53	8.38	8.15	8.69 ± 0.74
120	1	2	9.28	9.21	8.14	8.88 ± 0.64
120	1	3	7.84	9.29	8.91	8.68 ± 0.75
120	2	1	8.23	8.41	9.51	8.72 ± 0.69
120	2	2	9.27	10.85	9.48	9.87 ± 0.86
120	2	3	9.97	10.47	9.33	9.92 ± 0.57
120	3	1	9.42	9.53	10.01	9.65 ± 0.31
120	3	2	9.05	9.27	9.27	9.19 ± 0.13
120	3	3	10.47	8.78	8.54	9.26 ± 1.05
130	1	1	8.94	8.61	7.27	8.27 ± 0.89
130	1	2	7.25	6.92	7.68	7.28 ± 0.38
130	1	3	9.19	9.07	8.85	9.04 ± 0.17
130	2	1	6.77	6.89	6.60	6.75 ± 0.15
130	2	2	5.91	7.92	5.79	6.54 ± 1.19
130	2	3	9.33	9.26	9.71	9.43 ± 0.24
130	3	1	6.01	6.31	6.33	6.22 ± 0.18
130	3	2	6.67	5.77	7.17	6.54 ± 0.71
130	3	3	9.51	9.61	9.11	9.41 ± 0.26

ตารางภาคผนวก จ-8 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ
ปริมาณตัวของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณเถ้าของไคโตซาน (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	0.071	0.070	0.070	0.070 ± 0.001
110	1	2	0.073	0.066	0.056	0.065 ± 0.009
110	1	3	0.061	0.072	0.063	0.065 ± 0.006
110	2	1	0.079	0.070	0.080	0.076 ± 0.006
110	2	2	0.087	0.061	0.070	0.073 ± 0.014
110	2	3	0.060	0.070	0.068	0.066 ± 0.006
110	3	1	0.072	0.071	0.084	0.076 ± 0.007
110	3	2	0.068	0.088	0.090	0.082 ± 0.012
110	3	3	0.066	0.065	0.087	0.073 ± 0.013
120	1	1	0.090	0.076	0.089	0.085 ± 0.008
120	1	2	0.102	0.095	0.089	0.095 ± 0.007
120	1	3	0.122	0.101	0.098	0.107 ± 0.013
120	2	1	0.083	0.090	0.090	0.088 ± 0.004
120	2	2	0.100	0.099	0.120	0.107 ± 0.012
120	2	3	0.122	0.125	0.145	0.131 ± 0.013
120	3	1	0.101	0.083	0.090	0.091 ± 0.009
120	3	2	0.107	0.111	0.123	0.114 ± 0.009
120	3	3	0.167	0.172	0.134	0.157 ± 0.021
130	1	1	0.184	0.176	0.159	0.173 ± 0.013
130	1	2	0.191	0.166	0.165	0.174 ± 0.015
130	1	3	0.167	0.150	0.153	0.157 ± 0.009
130	2	1	0.202	0.200	0.201	0.201 ± 0.001
130	2	2	0.199	0.209	0.204	0.204 ± 0.005
130	2	3	0.179	0.194	0.190	0.188 ± 0.008
130	3	1	0.225	0.245	0.219	0.230 ± 0.014
130	3	2	0.259	0.250	0.239	0.249 ± 0.010
130	3	3	0.286	0.266	0.245	0.266 ± 0.020

ตารางภาคผนวก จ-9 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ
ปริมาณไนโตรเจนของโคโคซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณไนโตรเจนของโคโคซาน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	7.21	7.22	7.01	7.14 ± 0.12
110	1	2	7.15	7.17	7.20	7.17 ± 0.03
110	1	3	7.06	7.04	7.01	7.04 ± 0.02
110	2	1	7.21	7.23	7.19	7.21 ± 0.02
110	2	2	7.20	7.23	7.16	7.20 ± 0.04
110	2	3	7.15	7.17	7.16	7.16 ± 0.01
110	3	1	7.28	7.31	7.27	7.29 ± 0.03
110	3	2	7.25	7.22	7.22	7.23 ± 0.02
110	3	3	7.24	7.21	7.27	7.24 ± 0.03
120	1	1	7.02	7.08	7.07	7.06 ± 0.03
120	1	2	7.03	7.04	7.14	7.07 ± 0.06
120	1	3	7.17	7.11	7.09	7.12 ± 0.04
120	2	1	7.22	7.22	7.17	7.20 ± 0.03
120	2	2	7.22	7.22	7.23	7.22 ± 0.01
120	2	3	7.26	7.22	7.21	7.23 ± 0.03
120	3	1	7.21	7.18	7.19	7.19 ± 0.01
120	3	2	7.22	7.19	7.22	7.21 ± 0.02
120	3	3	7.22	7.20	7.26	7.23 ± 0.03
130	1	1	7.09	7.04	7.06	7.06 ± 0.02
130	1	2	7.20	7.17	7.14	7.17 ± 0.03
130	1	3	7.15	7.18	7.17	7.17 ± 0.02
130	2	1	7.23	7.22	7.22	7.22 ± 0.01
130	2	2	7.24	7.22	7.23	7.23 ± 0.01
130	2	3	7.24	7.21	7.26	7.24 ± 0.02
130	3	1	7.26	7.31	7.29	7.29 ± 0.02
130	3	2	7.22	7.25	7.25	7.24 ± 0.02
130	3	3	7.22	7.22	7.23	7.22 ± 0.01

ตารางภาคผนวก จ-10 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อปริมาณการดูดซับสีย้อมสูงสุดของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณการดูดซับสีย้อมสูงสุดของไคโตซาน (มิลลิกรัมต่อกรัม)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	153.846	153.846	153.846	153.846 ± 0.000
110	1	2	158.730	156.250	156.250	157.077 ± 1.432
110	1	3	151.515	149.254	149.254	150.008 ± 1.305
110	2	1	144.928	147.059	144.928	145.638 ± 1.230
110	2	2	149.254	149.254	149.254	149.254 ± 0.000
110	2	3	147.059	149.254	151.515	149.276 ± 2.228
110	3	1	147.059	147.059	144.928	146.349 ± 1.230
110	3	2	147.059	147.059	147.059	147.059 ± 0.000
110	3	3	147.059	149.254	149.254	148.522 ± 1.267
120	1	1	151.515	153.846	151.515	152.292 ± 1.346
120	1	2	151.515	153.846	153.846	153.069 ± 1.346
120	1	3	153.846	151.515	153.846	153.069 ± 1.346
120	2	1	149.254	151.515	151.515	150.761 ± 1.305
120	2	2	147.059	147.059	147.059	147.059 ± 0.000
120	2	3	147.059	144.928	149.254	147.080 ± 2.163
120	3	1	149.254	147.059	151.515	149.276 ± 2.228
120	3	2	147.059	149.254	149.254	148.522 ± 1.267
120	3	3	144.928	144.928	147.059	145.638 ± 1.230
130	1	1	149.254	151.515	151.515	150.761 ± 1.305
130	1	2	149.254	149.254	151.515	150.008 ± 1.305
130	1	3	153.846	153.846	156.250	154.647 ± 1.388
130	2	1	147.059	147.059	149.254	147.791 ± 1.267
130	2	2	147.059	144.928	149.254	147.080 ± 2.163
130	2	3	142.857	140.845	142.857	142.186 ± 1.162
130	3	1	147.059	147.059	147.059	147.059 ± 0.000
130	3	2	142.857	144.928	142.857	143.547 ± 1.196
130	3	3	140.845	138.889	140.845	140.193 ± 1.129

ตารางภาคผนวก จ-11 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อค่าคงที่สมดุลของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่าคงที่สมดุลของไคโตซาน (ลิตรต่อมิลลิกรัม)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	0.619	0.657	0.637	0.638 ± 0.019
110	1	2	0.573	0.615	0.615	0.601 ± 0.024
110	1	3	0.776	0.761	0.807	0.781 ± 0.023
110	2	1	1.095	0.958	1.095	1.049 ± 0.079
110	2	2	0.882	0.779	0.838	0.833 ± 0.052
110	2	3	0.840	0.736	0.695	0.757 ± 0.075
110	3	1	0.872	0.932	1.000	0.935 ± 0.064
110	3	2	0.958	0.895	0.861	0.905 ± 0.049
110	3	3	0.872	0.798	0.859	0.843 ± 0.040
120	1	1	0.892	0.756	0.880	0.843 ± 0.075
120	1	2	0.825	0.730	0.756	0.770 ± 0.049
120	1	3	0.774	0.776	0.730	0.760 ± 0.026
120	2	1	0.893	0.776	0.825	0.831 ± 0.059
120	2	2	0.958	0.840	0.919	0.906 ± 0.060
120	2	3	0.872	0.932	0.827	0.877 ± 0.053
120	3	1	0.918	0.932	0.786	0.879 ± 0.081
120	3	2	0.895	0.779	0.788	0.821 ± 0.065
120	3	3	0.896	0.863	0.829	0.863 ± 0.034
130	1	1	0.798	0.759	0.759	0.772 ± 0.023
130	1	2	0.957	0.944	0.868	0.923 ± 0.048
130	1	3	0.774	0.747	0.667	0.729 ± 0.056
130	2	1	0.932	0.919	0.807	0.886 ± 0.069
130	2	2	0.944	1.000	0.859	0.934 ± 0.071
130	2	3	1.029	1.183	1.094	1.102 ± 0.077
130	3	1	0.919	0.895	0.986	0.933 ± 0.047
130	3	2	0.959	0.920	1.029	0.969 ± 0.055
130	3	3	1.029	1.161	0.959	1.050 ± 0.103

ตารางภาคผนวก จ-12 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อความสามารถการจับไขมันของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ความสามารถการจับไขมันของไคโตซาน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	409.5	404.9	414.4	409.6 ± 4.8
110	1	2	400.4	404.4	407.8	404.2 ± 3.7
110	1	3	391.3	397.0	400.3	396.2 ± 4.6
110	2	1	384.2	367.2	368.0	373.1 ± 9.6
110	2	2	354.8	363.7	357.9	358.8 ± 4.5
110	2	3	363.2	367.9	358.0	363.0 ± 5.0
110	3	1	357.5	350.6	349.1	352.4 ± 4.5
110	3	2	342.7	341.2	330.8	338.2 ± 6.5
110	3	3	342.0	334.0	347.3	341.1 ± 6.7
120	1	1	393.7	383.9	395.9	391.2 ± 6.4
120	1	2	394.5	393.4	398.5	395.5 ± 2.7
120	1	3	389.2	390.5	398.0	392.6 ± 4.8
120	2	1	371.3	370.8	369.9	370.7 ± 0.7
120	2	2	362.9	374.9	375.5	371.1 ± 7.1
120	2	3	363.0	360.1	347.2	356.8 ± 8.4
120	3	1	345.1	343.7	340.0	342.9 ± 2.6
120	3	2	345.8	343.7	336.1	341.9 ± 5.1
120	3	3	341.7	330.6	342.9	338.4 ± 6.8
130	1	1	391.2	388.7	393.3	391.1 ± 2.3
130	1	2	380.2	389.1	383.7	384.3 ± 4.5
130	1	3	381.7	385.1	371.1	379.3 ± 7.3
130	2	1	359.5	371.9	366.8	366.1 ± 6.2
130	2	2	361.9	361.5	356.0	359.8 ± 3.3
130	2	3	335.2	335.3	327.3	332.6 ± 4.6
130	3	1	345.7	337.4	335.1	339.4 ± 5.6
130	3	2	320.7	321.1	320.4	320.7 ± 0.4
130	3	3	296.6	289.6	293.6	293.3 ± 3.5

ตารางภาคผนวก จ-13 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัด ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อ
ความสามารถการจับน้ำของไคโตซาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสกัด (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	ความสามารถการจับน้ำของไคโตซาน (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	700.4	668.1	684.4	684.3 ± 16.2
110	1	2	692.5	665.3	676.5	678.1 ± 13.7
110	1	3	632.0	646.0	659.9	646.0 ± 14.0
110	2	1	631.9	618.4	632.9	627.7 ± 8.1
110	2	2	578.6	598.7	592.4	589.9 ± 10.3
110	2	3	583.3	575.2	565.7	574.7 ± 8.8
110	3	1	579.5	566.9	558.5	568.3 ± 10.6
110	3	2	562.2	561.3	544.7	556.1 ± 9.9
110	3	3	556.5	542.7	532.5	543.9 ± 12.0
120	1	1	635.4	645.9	640.7	640.7 ± 5.3
120	1	2	611.7	593.6	592.9	599.4 ± 10.7
120	1	3	610.7	595.8	599.0	601.8 ± 7.8
120	2	1	547.3	558.1	568.0	557.8 ± 10.4
120	2	2	539.8	533.4	536.9	536.7 ± 3.2
120	2	3	538.4	537.2	524.9	533.5 ± 7.5
120	3	1	521.1	520.1	536.9	526.0 ± 9.4
120	3	2	500.0	499.7	473.6	491.1 ± 15.2
120	3	3	490.7	496.3	480.4	489.1 ± 8.1
130	1	1	575.1	593.8	590.7	586.5 ± 10.0
130	1	2	580.9	578.6	570.4	576.6 ± 5.5
130	1	3	539.4	538.4	546.0	541.3 ± 4.1
130	2	1	532.2	504.6	517.6	518.1 ± 13.8
130	2	2	513.1	498.5	504.4	505.3 ± 7.3
130	2	3	471.3	462.3	462.5	465.4 ± 5.1
130	3	1	490.2	483.8	462.5	478.8 ± 14.5
130	3	2	466.2	466.9	479.5	470.9 ± 7.5
130	3	3	398.9	386.5	388.0	391.1 ± 6.8

ตารางภาคผนวก จ-14 ข้อมูลการทดลองผลของอุณหภูมิ จำนวนรอบการสัปดาห์ และเวลาที่ใช้ในการสัปดาห์ ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ต่อค่า t_1 ของสารละลายอิมัลชันชั้นบนโดยมีโคโคซานเป็นอิมัลซิไฟเออร์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสัปดาห์ (รอบ)	เวลา (ชั่วโมง)	Relaxation Time (t_1) ของสารละลายอิมัลชันชั้นบน (นาที)			
			ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
110	1	1	1176.7	1219.5	1417.0	1271.1 ± 128.2
110	1	2	1285.0	1034.0	932.4	1083.8 ± 181.5
110	1	3	1235.9	1185.5	1456.1	1292.5 ± 143.9
110	2	1	1409.4	1164.7	882.3	1152.1 ± 263.8
110	2	2	808.5	849.9	884.6	847.7 ± 38.1
110	2	3	992.6	678.1	658.5	776.4 ± 187.5
110	3	1	629.1	488.7	450.4	522.7 ± 94.1
110	3	2	763.0	880.5	840.9	828.1 ± 59.8
110	3	3	531.7	531.2	571.6	544.8 ± 23.2
120	1	1	1117.8	1146.5	1287.9	1184.1 ± 91.0
120	1	2	856.7	875.6	767.0	833.1 ± 58.0
120	1	3	359.7	528.2	377.0	421.6 ± 92.7
120	2	1	616.1	838.1	757.9	737.4 ± 112.4
120	2	2	509.1	639.1	497.6	548.6 ± 78.6
120	2	3	235.3	483.7	191.9	303.6 ± 157.4
120	3	1	417.4	751.1	459.4	542.7 ± 181.7
120	3	2	444.3	655.3	417.2	505.6 ± 130.4
120	3	3	399.9	465.4	530.4	465.2 ± 65.2
130	1	1	311.0	306.2	193.7	270.3 ± 66.4
130	1	2	186.2	372.5	238.5	265.7 ± 96.1
130	1	3	270.3	363.9	394.4	342.8 ± 64.7
130	2	1	184.2	312.5	212.7	236.5 ± 67.3
130	2	2	172.7	217.8	159.7	183.4 ± 30.5
130	2	3	283.6	407.8	266.2	319.2 ± 77.2
130	3	1	88.0	129.5	158.9	125.5 ± 35.6
130	3	2	164.5	136.0	115.2	138.6 ± 24.7
130	3	3	264.6	308.1	236.9	269.9 ± 35.9

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางภาคผนวก จ-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไคโตซานที่เตรียมได้ภายใต้
อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้น
ของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	244.27294	122.13647	208.65	0.0001*
REEXT	2	636.54142	318.27071	543.72	0.0001*
TIME	2	5.54005	2.77003	4.73	0.0128*
TEMP*NO.BATCH	4	20.32048	5.08012	8.68	0.0001*
TEMP*TIME	4	4.62439	1.15610	1.98	0.1114 ^{ns}
REEXT*TIME	4	4.17513	1.04378	1.78	0.1457 ^{ns}
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	2.19281	0.27410	0.47	0.8731 ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการกำจัดหมู่อะซิติลของโคโคซาน
ที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด
ต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	139.4456	69.7228	69.75	0.0001*
REEXT	2	1156.1519	578.0760	578.27	0.0001*
TIME	2	229.2922	114.6461	114.68	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	47.4159	11.8540	11.86	0.0001*
TEMP*TIME	4	15.2858	3.8214	3.82	0.0083*
REEXT*TIME	4	56.0784	14.0196	14.02	0.0001*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	1.4827	0.1853	0.19	0.9920 ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดของโคโคซานที่เตรียมได้
ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่
ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	18473592.07407	9236796.03704	16107.92	0.0001*
REEXT	2	13689384.22222	6844692.11111	11936.36	0.0001*
TIME	2	5107841.55556	2553920.77778	4453.75	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	4799079.48148	1199769.87037	2092.26	0.0001*
TEMP*TIME	4	1632603.48148	408150.87037	711.77	0.0001*
REEXT*TIME	4	1134199.11111	283549.77778	494.48	0.0001*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	190167.62963	23770.95370	41.45	0.0001*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลโมเลกุลของไคโตซานที่เตรียมได้ ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่ ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	13343042370058.00	6671521185029.04	1715.40	0.0001*
REEXT	2	8943443028070.40	4471721514035.20	1149.78	0.0001*
TIME	2	520077325661.01	2600386628307.00	668.62	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	50254606314.56	12563651578.64	3.23	0.0190*
TEMP*TIME	4	188548227949.63	47137056987.41	12.12	0.0001*
REEXT*TIME	4	183360455906.42	45840113976.61	11.79	0.0001*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	437989214878.11	54748651859.76	14.08	0.0001*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนาแน่นของไคโตซานที่เตรียมได้ ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่ ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	0.00891852	0.00445926	120.40	0.0001*
REEXT	2	0.02894074	0.01447037	390.70	0.0001*
TIME	2	0.00426667	0.00213333	57.60	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	0.00078519	0.00019630	5.30	0.0011*
TEMP*TIME	4	0.00165926	0.00041481	11.20	0.0001*
REEXT*TIME	4	0.00090370	0.00022593	6.10	0.0004*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	0.00094815	0.00011852	3.20	0.0048*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก ฉ-6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรดต่างของไคโตซานที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	6.57258519	3.28629259	213.94	0.0001*
REEXT	2	5.79187407	2.89593704	188.53	0.0001*
TIME	2	1.33975819	0.66989259	43.61	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	1.59245185	0.39811296	25.92	0.0001*
TEMP*TIME	4	0.21247407	0.05311852	3.46	0.0138*
REEXT*TIME	4	0.22154074	0.05538519	3.61	0.0112*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	0.26417778	0.03302222	2.15	0.0464*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก ฉ-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของไคโตซานที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	29.838706	14.919353	44.14	0.0001*
REEXT	2	0.599943	0.299972	0.89	0.4176 ^{ns}
TIME	2	18.235743	9.117872	26.97	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	6.193390	1.548348	4.58	0.0029*
TEMP*TIME	4	21.099635	5.274909	15.61	0.0001*
REEXT*TIME	4	2.243131	0.560783	1.66	0.1730 ^{ns}
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	8.176558	1.022070	3.02	0.0070*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของไคโตซานที่เตรียมได้
ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่
ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	0.2540645	0.1270322	1101.08	0.0001*
REEXT	2	0.0201850	0.0100925	87.48	0.0001*
TIME	2	0.0024091	0.0012045	10.44	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	0.0127949	0.0031987	27.73	0.0001*
TEMP*TIME	4	0.0068486	0.0017121	14.84	0.0001*
REEXT*TIME	4	0.0027805	0.0006951	6.03	0.0004*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	0.0016390	0.0002049	1.78	0.1023 ^{ns}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนของไคโตซาน
ที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด
ต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	0.0153506	0.0076753	6.54	0.0029*
REEXT	2	0.2387580	0.1193790	101.79	0.0001*
TIME	2	0.0017877	0.0008938	0.76	0.4716 ^{ns}
TEMP*NO.BATCH	4	0.0148716	0.0037179	3.17	0.0206*
TEMP*TIME	4	0.0325975	0.0081494	6.95	0.0001*
REEXT*TIME	4	0.0138568	0.0034642	2.95	0.0280*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	0.0318469	0.0039809	3.39	0.0032*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณการดูดซับสีย้อมสูงสุดของ
ไคโตซานที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัดต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	124.04263252	62.02131626	34.23	0.0001*
REEXT	2	655.69704674	327.84852337	180.92	0.0001*
TIME	2	35.50333756	17.75166878	9.80	0.0002*
TEMP*NO.BATCH	4	24.03154719	6.00788680	3.32	0.0168*
TEMP*TIME	4	53.88569259	13.47142315	7.43	0.0001*
REEXT*TIME	4	23.84936793	5.96234198	3.29	0.0174*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	209.94748881	26.24343610	14.48	0.0001*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคงที่สมดุลของการดูดซับของ
ไคโตซานที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัดต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	0.16910825	0.08455412	24.84	0.0001*
REEXT	2	0.41645232	0.20822616	61.16	0.0001*
TIME	2	0.00230669	0.00115335	0.34	0.7142 ^{ns}
TEMP*NO.BATCH	4	0.66315090	0.01657877	4.87	0.0020*
TEMP*TIME	4	0.09364805	0.02341201	6.88	0.0002*
REEXT*TIME	4	0.00529420	0.00132355	0.39	0.8158 ^{ns}
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	0.29090084	0.03636260	10.68	0.0001*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถการจับไขมันของ
ไคโตซานที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ใน
การสกัดต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	5334.518519	2667.259259	94.18	0.0001*
REEXT	2	47718.740741	23859.370370	842.46	0.0001*
TIME	2	3446.296296	1723.148148	60.84	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	832.296296	208.074074	7.35	0.0190*
TEMP*TIME	4	1872.296296	468.074074	16.53	0.0001*
REEXT*TIME	4	473.185185	118.296296	4.18	0.0051*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	901.333333	112.666667	3.98	0.0009*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถการจับน้ำของไคโตซาน
ที่เตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด
ต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	145633.506173	72816.753086	717.19	0.0001*
REEXT	2	183351.432099	91675.716049	902.93	0.0001*
TIME	2	26906.469136	13453.234568	132.50	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	288.493827	72.123457	0.71	0.5884 ^{ns}
TEMP*TIME	4	6058.123457	1514.530864	14.92	0.0001*
REEXT*TIME	4	419.308642	104.827160	1.03	0.3990 ^{ns}
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	3306.543210	413.317901	4.07	0.0008*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางภาคผนวก จ-14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Relaxation Time (t_r) ของสารละลาย
อิมัลชันชั้นบน โดยมีไคโตซานเตรียมได้ภายใต้อุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด
และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างร้อยละ
50 โดยน้ำหนัก เป็นอิมัลชันไฟเออร์

Source	df	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEMP	2	6357927.43210	3178963.71605	252.44	0.0001*
REEXT	2	1551524.76543	775762.38272	61.60	0.0001*
TIME	2	289878.91358	144939.45679	11.51	0.0001*
TEMP*NO.BATCH	4	572259.90123	143064.97531	11.36	0.0001*
TEMP*TIME	4	648488.64198	162122.16049	12.87	0.0001*
REEXT*TIME	4	290551.08642	72637.77160	5.77	0.0006*
TEMP*NO.BATCH*TIME	8	506573.35802	63321.66975	5.03	0.0001*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ภาคผนวก ข

ใบรับรอง

ใบรับรองการเทียบมาตรฐานเครื่องวัดความหนืด

CERTIFICATE OF CALIBRATION

**For ASTM Kinematic Viscometer
(Standard Test ASTM D 445)**

CONSTANT AT 40 Degrees C (104 F):

0.005133 cSt/sec

TYPE:	UBBELOHDE
SIZE:	0B
SERIAL NUMBER:	3444R

To obtain kinematic viscosity in centistokes (cSt), multiply the efflux time in seconds by the Constant of the Viscometer Tube. To obtain viscosity in centipoise (mPa's) (cP), multiply the kinematic viscosity in centistokes (cSt) by the density in grams per milliliter.

The above constants assume a value for the coefficient of thermal expansion typical to that for mineral oil, and the viscometer was filled with test sample at room temperature.

The calibration of this viscometer is based on the primary standard - Water at 20 Degrees C. The viscosity as adopted by NIST and ISO is 1.0034 mPa. The acceleration of gravity at the site of calibration is 979.3 cm/sec. For complete instruction, see ASTM test method D445. All calibration data is traceable to NIST.

Date: 6/3/02

Certified by:
Ever Ready Thermometer Company
228 Lackawanna Ave.
West Patterson, NJ 07424
Phone: (973) 812-7474

ใบรับรองการวิเคราะห์ที่ยอมรับ



Certificate of Analysis

TEST

LOT {425354/1} RESULTS

Product Name	Erioglaurine
Product Number	45620
CAS Number	2650182
Formula	$C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$
Formula Weight	792.9
THIN LAYER CHROMATOGR.	CORRESPONDS TO STANDARD
APPEARANCE	DEEP VIOLET POWDER
MELTING POINT (DEC.)	296.6 C
RESIDUE ON IGNITION	33.0 %
INFRARED SPECTRUM	CORRESPONDS
COLOR DESCRIPTION (UV)	MAX.ABS.629 NM, P-15/P+15=1.12, E(1%/1CM)=1023, H2O
DATE OF QC-RELEASE	18/MAY/01

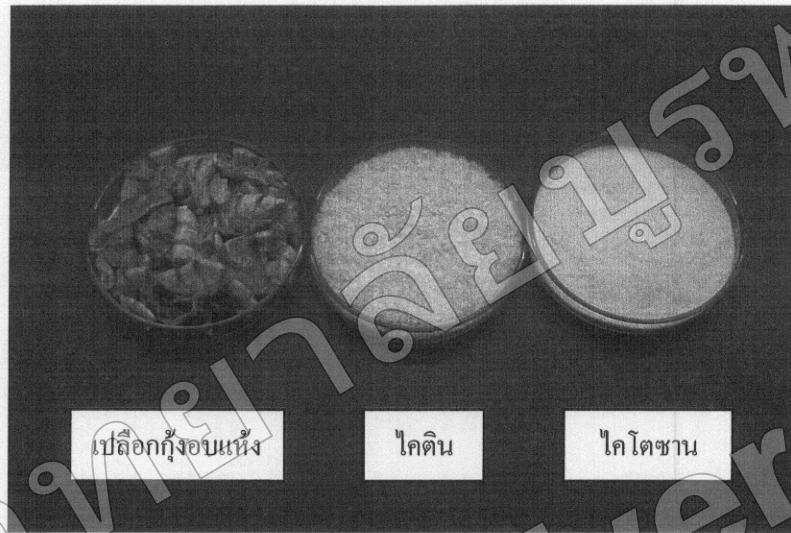
Fluka guarantees the 'Sales-Specification' values only, non-specified tests may be included as additional information. The current 'Sales-Specifications' sheet is available on request. For further inquiries, please contact our Technical Service.

Fluka warrants, that its products conform to the information contained in this and other Fluka publications. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice for additional terms and conditions of sale. The values given on the 'Certificate of Analysis' are the results determined at the time of analysis.

Dr. G. van Look
Quality Control

ภาคผนวก ซ

ภาพประกอบ



ภาพภาคผนวก ซ-1 เปลือกกุ้งอบแห้ง ไคติน และไคโตซานที่ใช้ในการทดลอง



ภาพภาคผนวก ซ-2 สารละลายสีย้อม Brilliant Blue FCF ความเข้มข้น 100-500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนและหลังการดูดซับด้วยไคโตซาน