

แบบเสนอโครงการพิเศษ

เรื่อง

การใช้ไคโตแซน และผงถ่านกัมมันต์ดูดซับสีย้อมผ้า

Absorption of dye by chitosan
and activated carbon

โดย

นางสาวกานดา ใจดี รหัส 37054303
นายชัชววัฒน์ สุขุมิตรกฤษณา รหัส 37054313
นางสาวพัชรี ศรีเมือง รหัส 37054340

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์

ปพ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ก432 ก
2540 ปีการศึกษา 2540

เลขหม.....

เลขทะเบียน..... 30614

วัน, เดือน, ปี 29 ก.ค. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absorption of dye by and Activated Carbon



Miss Kanda Jaidee

Mr. Chaiwat Supamitkrittana

Miss Phatchari Srimuang

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For The Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การใช้โคโคแอมและผงถ่านกัมมันต์ดูดซับสีข้อมผ้า

โดย

นางสาวกานดา ใจดี

นายชัชวพันธ์ ศุภมิตรกฤษณา

นางสาวพัชรี ศรีเมือง

ภาควิชา

ชีววิทยาประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นวลพรรณ วรรณอง

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....

(รศ.ดร.พรรณี จูฑากิจิต)

หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ

.....

(รศ.ดร.คุณณี ธนะบริพัฒน์)

ประธานกรรมการ

.....

(อาจารย์มงคล เทีญสาใจ)

กรรมการ

.....

(อาจารย์วีณา ชูโชติ)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การใช้ไคโตแซนและผงถ่านกัมมันต์ดูดซับสีย้อมผ้า	
นักศึกษา	นางสาวกานดา	ใจดี
	นายชัยวัฒน์	ศุภมิตรกฤษณา
	นางสาวพัชรี	ศรีเมือง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นवलพรรณ	ณ ระนอง
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์	
ปีการศึกษา	2540	

บทคัดย่อ

จากการทดลองใช้ไคโตแซนร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้นต่างๆเพื่อดูดซับสีย้อมผ้า พบว่าไคโตแซนที่ผสมกับผงถ่านกัมมันต์ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีดีที่สุด โดยมีอัตราเร็วเริ่มต้นเท่ากับ 1.3 พีพีเอ็มต่อชั่วโมง จากนั้นจึงนำไคโตแซนที่ผสมกับผงถ่านกัมมันต์ 3.0 เปอร์เซ็นต์ มาทำการทดลองหาสภาวะต่างๆที่เหมาะสมต่อการดูดซับ พบว่าสารละลายสีย้อมผ้าที่มีสภาพเป็นกรดเหมาะสมที่สุดในการดูดซับสี ซึ่งจากการทดลองที่พีเอช 3 จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสีของไคโตแซนผสมกับผงถ่านกัมมันต์ดี คือจะมีอัตราเร็วเริ่มต้นในการดูดซับสีเท่ากับ 8.6 พีพีเอ็มต่อชั่วโมงและเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ไคโตแซนที่ผสมกับผงถ่านกัมมันต์หรือเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมผ้าจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับที่เพิ่มขึ้น

Special Project Title **Absorption of dye by chitosan and activated carbon**

Name **Miss Kanda Jaidee**
Mr. Chaiwat Supamitkrisana
Miss Phatchari Srimuang

Special Project Adviser **Assistant Professor Dr. Nuanphan Naranong**

Department **Applied Biology**

Academic Year **1997**

Abstract

From the experiment, by mixing chitosan with activated carbon at the difference concentration level in order to absorb the dye, it was found the concentration of chitosan with activated carbon 3.0 percent by weight will have both the best efficiency in absorption the dye and initial rate equal to 1.3 ppm per hour. After that we have the experiment by mixing chitosans with activated carbon 3.0 percent at the given environment where is suitable for the absorption, the result is that the acid dye solution is the most suitable for dye absorption, that found the best efficiency of absorption the dye solution is at pH 3 and will have initial rate of absorption equal to 8.6 ppm per hour. Moreover, when we increase the quantity of chitosan and activated carbon or increase the concentration of solution will also increase the efficiency of absorption

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.นवलพรรณ ณ ระนอง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ให้คำแนะนำรวมทั้งให้ความรู้ในด้านต่างๆ รศ.ดร.คุณฉวี ธาระบริวัฒน์ ที่ได้กรุณาตรวจแก้ทางด้านภาษา ให้คำแนะนำและกรุณาเป็นประธานกรรมการพิจารณาโครงการพิเศษ อาจารย์ มงคล พิณสาบใจ และอาจารย์วีณา ชูโชติ ที่กรุณาเป็นกรรมการพิจารณาโครงการพิเศษ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ เจ้าหน้าที่ห้องทดลอง และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำในระหว่างการจัดทำโครงการพิเศษนี้จนเสร็จสมบูรณ์

29 มีนาคม 2540

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
-วัตถุประสงค์	2
-ขอบเขตการศึกษา	2
-ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 สาร โคลดินและ โคลโตแซน	3
2.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของ โคลดิน	3
2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของ โคลโตแซน	3
2.1.3 คุณสมบัติของ โคลโตแซน	4
2.1.4 การผลิต โคลโตแซน	7
2.1.5 การใช้ประโยชน์จาก โคลดินและ โคลโตแซน	10
2.2 ถ่านกัมมันต์	13
2.2.1 ชนิดของถ่านกัมมันต์	13
2.2.2 ลักษณะพิเศษของถ่านกัมมันต์	14
2.2.3 กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์	16
2.2.4 ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์	17
2.3 การนำโคลโตแซนและถ่านกัมมันต์มาใช้ในการกำจัดสารพิษ	17
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	22
3.1เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	22
3.2อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	22
3.3สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	23
3.4วิธีการทดลอง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง	27
4.1 การศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายโคโคแซน และเปอร์เซ็นต์ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป	27
4.2 การศึกษาหาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม ต่อการขึ้นรูปเป็นเม็ด	27
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการดูดซับสี ของโคโคแซน, โคโคแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และผงถ่านกัมมันต์	28
4.4 การเปรียบเทียบพีเอชที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ในการดูดซับสีของโคโคแซนและโคโคแซน ผสมผงถ่านกัมมันต์	31
4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการดูดซับของ โคโคแซนผสมผงถ่าน กัมมันต์โดยใช้ความเข้มข้น ของสารละลายสีย้อมผ้าที่แตกต่างกัน	34
4.6 การศึกษาหาสัดส่วนของโคโคแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ ต่อสารละลาย สีย้อมผ้าที่เหมาะสมต่อการดูดซับ	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	39
ภาคผนวก ก สารเคมี	41
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับสีย้อมผ้า และอัตราการดูดซับสีเริ่มต้น	42
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ	45
ภาคผนวก ง	51
บรรณานุกรม	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติทางการละลายของไคโตแซนที่อยู่ในรูปเอมีนอิสระ(-NH ₂) และเอมีนที่มีประจุบวก(-NH ₃ ⁺)	7
4.1 แสดงอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนและไคโตแซนที่ผสมผงถ่านที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	29
4.2 แสดงอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านกัมมันต์	30
4.3 แสดงค่าอัตราการดูดซับ เริ่มต้นของไคโตแซนที่สารละลายสีข้อมผ้าที่มีพีเอชแตกต่างกัน	32
4.4 แสดงค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่สารละลายสีข้อมผ้าที่มีพีเอชแตกต่างกัน	33
4.5 แสดงอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่สารละลายสีข้อมผ้าที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	35
4.6 แสดงค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้สัดส่วนของไคโตแซนต่อปริมาณสารละลายสีข้อมผ้าที่แตกต่างกัน	37
ข-1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสีข้อมผ้ามาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	43
ค-1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ ของตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ	45
ค-2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของประสิทธิภาพในการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์และผงถ่านธรรมดา	46
ค-3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของพีเอชที่มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซน	47
ค-4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของพีเอชที่มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์	48
ค-5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์	49
ค-6 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของสัดส่วนไคโตแซนต่อน้ำสี	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะ โครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกันของ ไคติน, ไคโตแซน และเซลลูโลส	4
2.2 แผนผังแสดงการผลิต ไคตินและ ไคโตแซน	9
2.3 กระบวนการดูดซับของถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด สารอินทรีย์ในน้ำจะผ่านเข้าไปในรูพรุนและเกิดการดูดซับบนพื้นผิวของรูพรุน	14
2.4 แสดงความแตกต่างของ โมเลกุลของการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลที่เป็นผลเนื่องมาจากรูพรุนของคอลัมน์	15
2.5 แสดงกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์	16
4.1 แสดงประสิทธิภาพในการดูดซับของ ไคโตแซนและ ไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ ความเข้มข้นต่าง ๆ	29
4.2 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการดูดซับของ ไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านกัมมันต์	30
4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมผ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของ ไคโตแซน	32
4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมผ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ ของ ไคโตแซนผสมผงถ่านความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์	33
4.5 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมผ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับของ ไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์	35
4.6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการดูดซับของ ไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สัดส่วนของ ไคโตแซนต่อปริมาณสารละลายสีย้อมผ้าที่แตกต่างกัน	37
ข-1 แสดงกราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมผ้าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	43
ง-1 สารละลาย ไคโตแซนและสารละลาย ไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ด้วยกรดอะซิติก 2 เปอร์เซ็นต์	51
ง-2 การขึ้นรูปเม็ด ไคโตแซน	51
ง-3 การขึ้นรูปเม็ด ไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์	52
ง-4 เม็ด ไคโตแซนและ ไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ขึ้นรูปแล้ว	52
ง-5 การดูดซับสี	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

โลกทุกวันนี้กำลังให้ความสนใจกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรจึงต้องคำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะมีต่อสิ่งแวดล้อม ผลกระทบดังกล่าวไม่ว่าจะอยู่ในรูปของพิษภัยตกค้างจากตัวผลิตภัณฑ์เองหรือผลกระทบที่มาจากของเสียจากกระบวนการผลิตล้วนเป็นสิ่งที่ผู้เกี่ยวข้องจำเป็นต้องตระหนักและหาทางแก้ไขตลอดจนพัฒนาแนวทางหรือวงจรการผลิตใหม่ๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพกว่าเดิมโดยถือปรัชญาที่ว่า ลดมลพิษและเพิ่มผลผลิตในเวลาเดียวกัน (อุดมชัย จินะคิษฐ์, 2535)

สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้น้ำเน่าเสีย อันมีสาเหตุเนื่องมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากโรงงานทอผ้า จะมีสีเป็นส่วนประกอบซึ่งทำให้น้ำมีสีที่ไม่น่าดูและมีอันตรายต่อคนและสัตว์

โคตินพบได้ในสัตว์ในตระกูล Crustacean เช่น ปู หอย ปลาหมึก แมลง หรือแมงกระตังในเห็ดราหลายชนิด(ธีระพล ประมวลกิจจา, 2534) นักวิทยาศาสตร์รู้จักสารนี้มานานเกือบศตวรรษแล้ว และได้มีการศึกษาสมบัติพื้นฐานทั้งทางเคมี กายภาพ ตลอดจนกรรมวิธีการแปรรูปมานานแล้ว กรรมวิธีการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมซึ่งไม่ใช่เทคโนโลยีที่ซับซ้อนหรือเป็นที่ปกปิดแต่อย่างใด โคตินและโคโตแซนที่สกัดจากเปลือกกุ้ง หรือแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในวงการต่างๆ มากมาย ทั้งด้านอุตสาหกรรมอาหาร, วงการแพทย์, เครื่องสำอาง, การผลิตเยื่อกระดาษ และการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากเป็นสารที่มีอยู่และเกิดขึ้นในธรรมชาติเช่นเดียวกับเซลลูโลส โคตินจึงเป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อมในรูปของสารที่ไม่ย่อยสลายอันนับเป็นข้อดีและได้เปรียบ หากมีการนำมาประยุกต์ใช้ในรูปเครื่องอุปโภคบริโภคหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(อุดมชัย จินะคิษฐ์, 2535)

ในการทดลองนี้จะมุ่งเน้นเพื่อการศึกษา “การใช้โคโตแซนและผงถ่านกัมมันต์” โดยเน้นประโยชน์ในการศึกษา ควบคุม และแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิดจากสีที่ปะปนมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และเนื่องจากโคโตแซนเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่สามารถสกัดได้จากโคติน ซึ่งโคตินเป็นสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีมากที่สุดเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (อุดมชัย จินะคิษฐ์, 2535) ดังนั้นหากเราสามารถรวบรวมวัตถุดิบได้อย่างต่อ

เนื่อง และมากพอต่อการป้อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูป เราก็จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้และขยายขนาดไปสู่อุตสาหกรรมในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อศึกษาวิธีการใช้ไคโตแซนร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ ในการดักจับสีย้อมผ้า
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของไคโตแซนและผงถ่านกัมมันต์ ในการดักจับสีย้อมผ้า

ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาความเข้มข้นของไคโตแซนที่เหมาะสมสำหรับดักจับสี
2. ศึกษาสัดส่วนของไคโตแซน กับ ถ่านกัมมันต์ ที่เหมาะสมสำหรับการดักจับสี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้ไคโตแซนร่วมกับผงถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในการกำจัดสีย้อมผ้าและพัฒนาไปสู่ระดับอุตสาหกรรม
2. เพื่อการศึกษา ควบคุม และแก้ไขปัญหามลพิษของน้ำเนืองมาจาก โลหะหนัก
3. เพื่อเป็นแนวทางในการนำไคโตแซนไปประยุกต์และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในระบบบำบัดน้ำเสีย

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 สารไคตินและไคโตแซน

2.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของไคติน

ไคตินเป็นสารโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (Homopolysaccharide) ประกอบด้วย 2-deoxy-2-acetamino glucose เชื่อมต่อกับ β -1,4-glucoside linkage มีโครงสร้างลำดับที่ 1 (primary structure) คล้ายเซลลูโลส โครงสร้างของไคตินประกอบด้วยโปรตีนและแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ในเยื่อหุ้มชั้นนอกหรือเอ็นของแมลง (Filar และ Wirick, 1978)

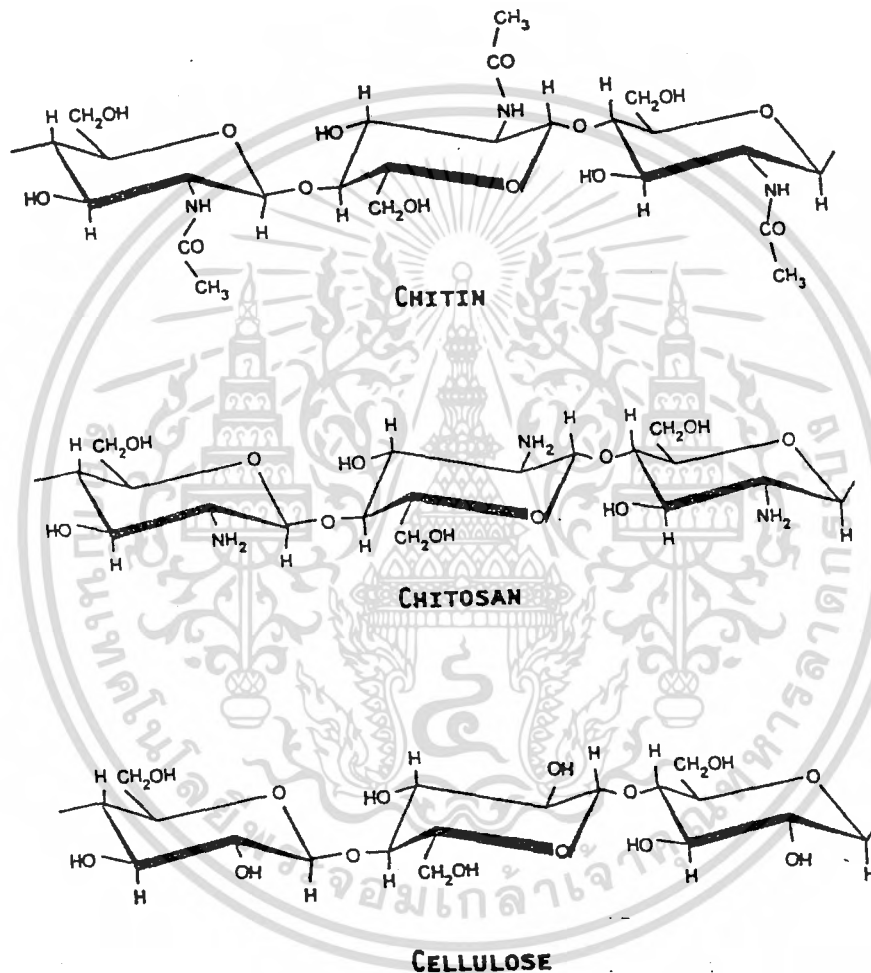
โครงสร้างผลึกของไคตินมี 3 แบบ คือ α , β และ γ -chitin สามารถทำการวิเคราะห์โดย x-Ray diffraction ผลึก α -chitin พบมากที่สุดในเปลือกของสัตว์อาร์โทพอด (Arthropod) เช่น ปู กุ้ง และ แมลง ผลึกของ β -chitin ถูกตรวจพบในสาหร่ายบางชนิด ผลึก β -chitin ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็น α -chitin ด้วยกรดไฮโดรคลอริกได้ ไคตินเกิดจากผลึก β -chitin จะสามารถเปลี่ยนไปเป็น α -chitin ด้วยสารละลายกรดฟอรั่มิก และเป็นการยืนยันว่า α -chitin เสถียรกว่า β -chitin

โมเลกุลของไคตินถ้านำมาแยกออกจะพบโครงสร้างเป็นเกลียวสว่านซ้อนกัน เกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลระหว่าง C3-OH และอะตอมออกซิเจนของ C5 ในวงแหวนในสถานะที่เป็นของแข็งซึ่งคล้ายกับโมเลกุลเซลลูโลสที่อยู่ในสถานะของแข็งเช่นกัน (Jeuniaux, 1978)

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของไคโตแซน

ไคโตแซนเกิดจากไคตินที่ถูกกำจัดหมู่อะเซทิล (Deacetylation) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นโดยทั่วไปเรียกว่า “ไคโตแซน” หรือ “ดีอะเซทิลเลทไคติน” (Deacetylated chitin) ซึ่งประกอบด้วยหมู่อะมิโน โดยปกติไคโตแซนมีเปอร์เซ็นต์ของการดีอะเซทิลเลชันประมาณ 75-95 เปอร์เซ็นต์ และมีโครงสร้างเป็น Heterogeneous primary structure (Kurita และคณะ, 1977) การเตรียมไคโตแซนให้ได้เปอร์เซ็นต์ดีอะเซทิลเลชันเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ อาจทำได้โดยการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะเซทิลซ้ำ และเมื่อได้ไคโตแซนออกมาก็เป็นไคโตแซนที่

ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคซามีอย่างเคียวซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β -1,4-glucoside เนื่องจากไคโตแซนหรือดีอะเซทิลเลทไคตินมีหมู่อะมิโนอันดับแรก(Primary amine group) ทำให้มีการนำไคโตแซนมาใช้เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีประจุลบที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (Coleman และ Mason, 1988)



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกันของไคติน, ไคโตแซนและ เซลลูโลส (Knorr, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 คุณสมบัติของไคโตแซน

2.1.3.1 คุณสมบัติการเป็นประจุบวกของไคโตแซน

- มีความเป็นพอลิเมอร์สูง
- มีความหนาแน่นของประจุสูง
- มีความสามารถในการจับกันเป็นกลุ่มได้ดีมาก
- สามารถคีเลต(คูจับ)กับ ไอออนของ โลหะได้ เช่น
- ไอออนเหล็ก, ทองแดง
- โลหะที่เป็นพิษ ได้แก่ แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว โครเมียม
- สารกัมมันตรังสี เช่น ยูเรเนียม พลูโตเนียม

ไคโตแซนเป็นสารพอลิเมอร์สายตรงมีขั้วที่พีเอชเป็นกรด มีความหนาแน่นของประจุสูงหนึ่งประจุต่อหน่วยกลูโคซามีน มีองค์ประกอบที่เป็นประจุลบ เช่น โปรตีน พอลิแซ็กคาไรด์ที่มีประจุลบ กรดนิวคลีอิก เป็นต้น

ประจุบวกของไคโตแซนจะทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับพื้นผิวที่มีประจุลบ เพื่อทำให้เกิดประจุที่เป็นกลาง ไคโตแซนมีความสามารถในการเกาะเป็นกลุ่มได้ดีเยี่ยม เนื่องจากมันมีหมู่เอมีน (NH_2) มากมายซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับอนุภาคคอลลอยด์ที่มีประจุลบ เช่น โปรตีนและสารพวกมิวโคโพลิแซ็กคาไรด์ (Sashiwa และคณะ , 1991)

2.1.3.2 คุณสมบัติทางชีวภาพ

ไคโตแซนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางชีวภาพได้มากมาย เนื่องจากมีคุณสมบัติไม่เป็นพิษและย่อยสลายทางชีวภาพ(Biodegradable) ได้ การนำไคโตแซนมาใช้รักษาบาดแผล ลดระดับคลอเลสเตอรอล(Serum chloresteral) และกระตุ้นระบบคุ้มกัน สามารถทำได้ง่ายเมื่อใช้ไคโตแซนหุ้มเมล็ดจะช่วยเพิ่มผลผลิตพืช เนื่องจากไคโตแซนจะชักนำการตอบสนองการป้องกันโดยการงอกของพืช (Coleman และ Mason , 1988)

คุณสมบัติทางกายภาพของไคโตแซน

- ความไม่เป็นพิษ
- เป็นพอลิเมอร์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ
- สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

กิจกรรมชีวภาพ

- เร่งการรักษาบาดแผล (เร่งการสมานบาดแผล)
- ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด
- กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน

2.1.3.3 คุณสมบัติทางเคมี

ไคโตแซนเป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เป็นสารพอลิเอมีน (Polyamine) สายตรง ซึ่งมีหมู่อะมิโนพอที่จะใช้การได้สะดวกสำหรับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการฟอร์มตัวอยู่ในรูปเกลือกกับกรด

ไคโตแซนเมื่อเทียบกับอนุพันธ์ของเซลลูโลส ต่างกันที่หมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 6 (Jeuniaux, 1978) คุณสมบัติทางเคมีของไคโตแซนสรุปได้ดังนี้ คือ

- เป็นสารพอลิเอมีนสายตรง (Polyglucosamine)
- ประกอบด้วยหมู่อะมิโน
- ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล

2.1.3.4 คุณสมบัติทางด้านการละลาย

ไคโตแซนก่อนข้างจะมีความจำเพาะต่อคุณสมบัติในด้านการละลายขั้นแรกเมื่ออยู่ในรูปเอมีนอิสระ ไคโตแซนไม่ละลายน้ำที่มีพีเอชเป็นกลาง ส่วนที่พีเอชเป็นกรดหมู่เอมีนอิสระ ($-NH_2$) จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปเอมีนที่มีประจุบวก (NH_3^+) (Filar และ Wirick, 1978)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติทางด้านการละลายของ ไคโตแซนที่อยู่ในรูป
เอมีนอิสระ ($-NH_2$) และเอมีนที่มีประจุบวก ($-NH_3^+$)

เอมีนอิสระ ($-NH_2$)	เอมีนที่มีประจุบวก ($-NH_3^+$)
- ละลายในสารละลายกรด	- ละลายที่พีเอชน้อยกว่า 6.5
- ไม่ละลายที่พีเอชมากกว่า 6.5	- ฟอรัมในรูปสารละลายที่มีลักษณะหนืด
- ไม่ละลายใน H_2SO_4	- Solution shear thinning
- ละลายได้จำกัดใน H_3PO_4	- ฟอรัมตัวอยู่ในรูปเจลซึ่งมีประจุมากมาย
- ส่วนใหญ่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์	- คงตัวอยู่ในของผสมระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำ

ที่มา : Skjak-Brack และคณะ, 1989

2.1.4 การผลิตไคโตแซน

กระบวนการผลิตสารไม่ละลายจำเป็นต้องกำจัดหมู่อะเซทิลออกจากหมู่ เอมีนโดยใช้สารละลายด่างเข้มข้นและอุณหภูมิสูง โดยปกติความเข้มข้นของสารละลายด่างที่ใช้อยู่ในช่วง 40-50 เปอร์เซ็นต์และอุณหภูมิในช่วง 100-500 องศาเซลเซียส (Green และ Kramer, 1979)

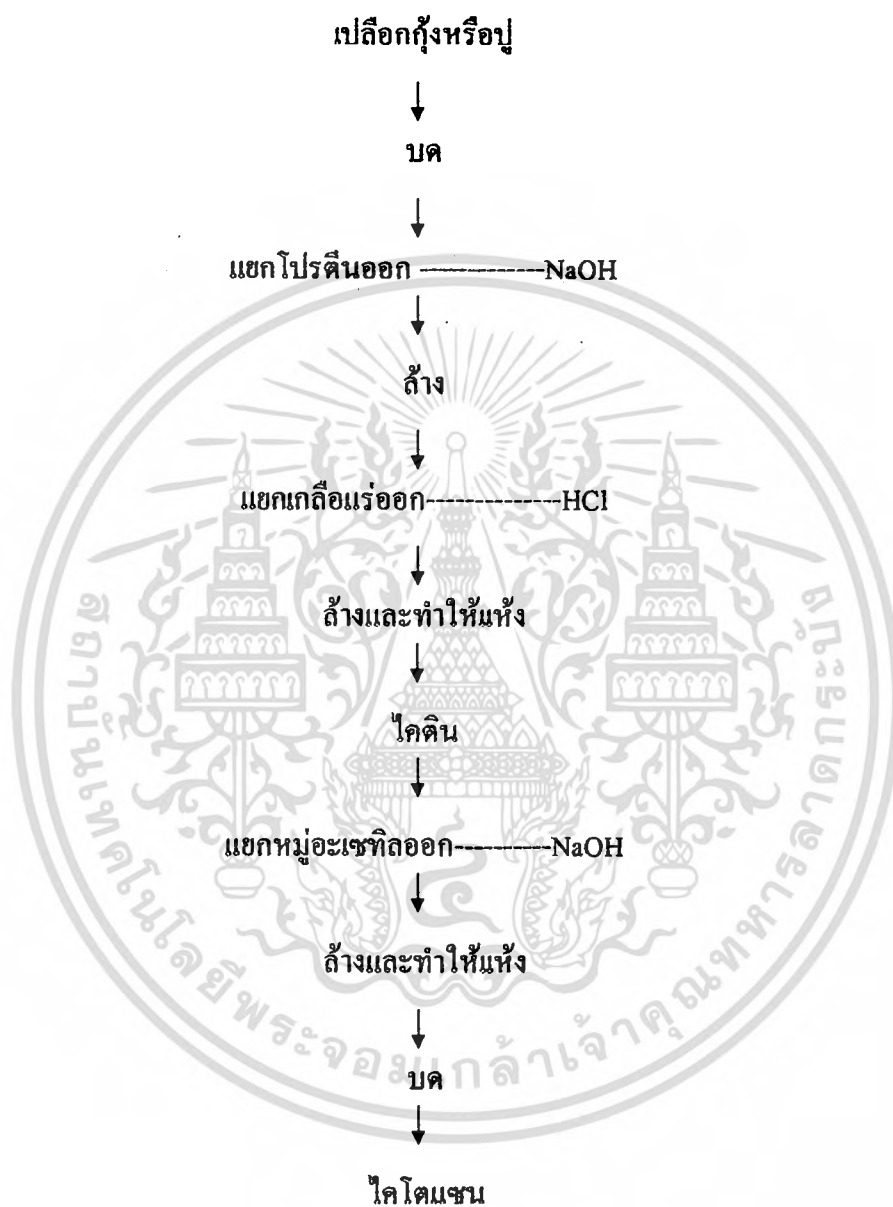
ในการผลิตไคโตแซน ผลิตโดยนำไคตินมาต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เข้มข้นมาก ๆ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะดึงเอาหมู่อะเซทิล (CH_3CO) บางส่วนออกจากสายโซ่โมเลกุล ทั้งหมู่เอมีโน (NH_2) ไว้ข้างหลัง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หมู่อะเซทิลจะหลุดออกไปมากขึ้น ด้วยวิธีนี้นักเคมีสามารถผลิตโมเลกุล “ไคโตแซน” ในช่วงต่างๆ กัน ซึ่งมีคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ความสามารถในการใช้งานของไคโตแซนจะขึ้นอยู่กับหมู่เอมีโน (NH_2) เมื่อละลายในหมู่เอมีโน (NH_2) จะกลายเป็น NH_3^+ ทำให้ไคโตแซนมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีประสิทธิภาพในการแยกอนุภาคที่มีประจุลบซึ่งแขวนลอยหรือละลายอยู่ในน้ำโดยจับกับโมเลกุลเหล่านี้ ทำให้สารแขวนลอยไม่เสถียรและตกตะกอนออกมาเป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (ธีระพล ประมวลกิจจา,

2534) ส่วนปัจจัยการผลิตที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของโคโคเซนได้แก่ ขนาดของโคติน, ระยะเวลา, ความเข้มข้นของสารละลายต่างและออกซิเจน การตรวจสอบคุณภาพของโคโคเซนที่ผลิตจากโคตินสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดอัตราการกำจัดหมู่อะเซทิล, การหาน้ำหนักโมเลกุลของโคโคเซน และการวัดความหนืดของสารละลายโคโคเซน(Bough และคณะ, 1976)

กรรมวิธีการผลิตจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ ขั้นที่ 1 จะแยกเอาโปรตีน ออกไปและขั้นที่ 2 จะเป็นการแยกแคลเซียมคาร์บอเนต

แรกทีเดียวจะเป็นการนำกากที่เหลือทิ้งเหล่านั้นมาบดให้ละเอียด จากนั้นผสมกับสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) เพื่อละลายเอาโปรตีนออกมา (หากต้องการนำโปรตีนที่แยกออกนี้ไปใช้ประโยชน์อีกจะทำได้โดยการลดความเป็นกรดต่างหรือค่าพีเอชให้เหลือ 4.0 ก็จะได้ตะกอนโปรตีน) จากนั้นนำไปอบให้แห้ง

เมื่อละลายโปรตีนออกแล้วนำกากที่เหลือมาล้างด้วยน้ำกรดเกลือ(HCl) ที่เจือจาง (ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์) เพื่อชะล้างเอาแคลเซียมคาร์บอเนตออกไปในรูปของแคลเซียมคลอไรด์ ถึงขั้นนี้สารที่ได้คือโคติน นำโคตินที่ได้มาตั้งเอากลุ่มอะเซทิลออกซึ่งเรียกว่า “ดีอะเซทิลเลชัน(Deacetylation)” โดยใช้สารละลายต่างที่ร้อน (NaOH 40-50 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นล้างและทำให้แห้ง บดให้ละเอียดก็จะได้โคโคเซนผง (Knorr, 1991)



รูปที่ 2.2 แผนผังแสดงการผลิตโคตีนและโคโตแซน(Knorr,1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การใช้ประโยชน์จากโคคินและโคโตแมน

โคคินสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรม เกษตร และการแพทย์ เช่น การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมของโรงงานบรรจุภัณฑ์น้ำจืดในรัฐหลุยเซียน่า พบว่าโคโคแมน สามารถนำมากำจัดของแข็งที่แขวนลอยในน้ำทิ้งได้มากถึง 97 เปอร์เซ็นต์ และปัจจุบันกำลังส่งเสริมการใช้โคคินบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ โคคินและโคโตแมนเป็นตัวคีเลต (chelate) ที่ดี กล่าวคือมันสามารถเกาะจับกับอะตอมโลหะในสารละลายได้หลายตำแหน่ง โดยเฉพาะพวกโลหะหนัก เช่น ปรอท ตะกั่ว และยูเรเนียม ในญี่ปุ่นโคคิน ถูกนำมาใช้ทำน้ำให้บริสุทธิ์สำหรับดื่ม และประมาณกันว่าต้องใช้โคคินถึงปีละ 500 ตัน (ธีระพล ประมวลกิจจา, 2534) โคคินและโคโตแมนมีประโยชน์มากมายดังนี้ (Technical Insight Inc, 1989)

2.1.5.1 ด้านการเกษตร

- ใช้เป็นปุ๋ย
- เป็นผสมในอาหารสัตว์
- เป็นผสมในอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลาและกุ้ง
- ปรับปรุงคุณภาพดินและเป็นผสมในดินเพื่อปรับสภาพของดินเหนียว
- ใช้ในด้านการเก็บรักษาพันธุ์พืช
- ใช้เป็นยาฆ่าหนอนตัวกลม
- เป็นยาฆ่าแมลง
- เป็นพาหะของจุลินทรีย์ในดินเพื่อป้องกันการเกิดโรคในพืช

2.1.5.2 ด้านเครื่องสำอาง

โคคิน โคโตแมนและอนุพันธ์มีศักยภาพในการเป็นเครื่องสำอาง ใช้ดูแลรักษาผผ ผิว และรักษากลิ่นปาก

2.1.5.3 ด้านอาหารและเครื่องดื่ม

- ใช้ในรูปของวัตถุเจือปนเพื่อช่วยจับไขมันและคลอเลสเตอรอล ให้ร่างกายได้รับไขมันและคลอเลสเตอรอลน้อยลง
- ช่วยเพิ่มเส้นใยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่วยควบคุมความชื้นหนืด ทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ต้องการ
- ใช้ผลิตสารให้ความหวาน
- การผลิต โปรีตินเซลล์เด็ช
- การบรรจุอาหาร

โคโคแซนมี 2 ลักษณะ ซึ่งเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมคือ สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ และสามารถซึมผ่านออกซิเจนได้ดี ในทางพันธุวิศวกรรม การผลิตโคโคแซนจากราสามารถนำมารับประทานได้เมื่อปรับน้ำหนักโมเลกุลตามต้องการแล้ว อาจถูกนำมาใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มอาหารซึ่งไม่เป็นพิษและมีความแข็งแรงสูง เช่นพวกปลอกหุ้มไส้กรอก วัสดุห่ออาหารเข้าเตาอบและการบรรจุหีบห่อสำหรับอาหารต่างๆ (Averbach , 1978)

- การผลิตเครื่องดื่ม

องค์การคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้แสดงผลการทดลองระดับน้ำร่อง โดยนำโคโคแซนไปผลิตเป็นของเหลวที่กินได้ปริมาณ 10 มก./ลิตร โคโคแซนจะซึมซับโลหะ ไขมันแมลงและมวลสารอื่นๆที่ปะปนมากับน้ำ และสามารถลดความขมและทำเป็นน้ำผลไม้ได้อีกด้วย กลุ่มฟองที่ประกอบด้วยโคโคแซนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพแก่กระบวนการทำให้ใสในเครื่องดื่มได้อีกด้วย (Solo และคณะ , 1989)

2.1.5.4 ด้านการแพทย์และเภสัช

โคโคแซนและโคโคแซนมีประโยชน์อย่างมากทางการแพทย์ ที่สำคัญที่สุดก็คือการรักษาบาดแผล การปลูกถ่ายอวัยวะ ขาลดไขมันและคลอเลสเทอรอล และอื่นๆ

- ใช้ในการตกแต่งบาดแผล

เส้นไหมโคโคแซนสามารถนำมาถักทอเป็นแผ่น เพื่อนำมาใช้ตกแต่งบาดแผล ทำหน้าที่เร่งการสมานแผลและลดความเจ็บปวด แผ่นโคโคแซนนี้ไม่ละลายโดยง่ายจากของเหลวจากร่างกายซึ่งต่างจากผิวหนังเทียม แผ่นโคโคแซนสามารถนำมาใช้ในการตกแต่งบาดแผลที่เกิดขึ้นที่ใบหน้าและตำแหน่งที่มีการปลูกถ่ายอวัยวะ

- ใช้เป็นยาขี้ผึ้งรักษาแผล
- เป็นสารห้ามเลือด

- ใช้ในการรักษาทางทันตกรรม
- เป็นสารจับกับไขมันและสารด้านการสร้างคลอเลสเทอรอล
- ใช้ในการปลูกถ่ายเซลล์
- ใช้เป็นสารต้านมะเร็ง
- ช่วยในการทำงานของระบบย่อยอาหาร

2.1.5.5 การตรึงเซลล์และการเพาะเลี้ยงเซลล์

2.1.5.6 การบำบัดกากของเสียและน้ำ

คุณสมบัติในการเกิดตะกอน (flocculation) และการจับกับ โลหะหนักของ โคลโคแซน จะเป็นประโยชน์ในการบำบัดน้ำดื่ม ระบายน้ำและบ่อน้ำแร่ รวมทั้ง น้ำเสียชนิดต่างๆ (Bough และคณะ , 1976)

- การบำบัดน้ำดื่ม

การนำโคลโคแซน(รวมทั้งอนุพันธ์) ร่วมกับถ่านกัมมันต์ (activated carbon) สามารถทำให้น้ำดื่มบริสุทธิ์ได้ โคลโคแซนมีหน้าที่ 2 ประการ คือ กำจัด สารประกอบอินทรีย์ เช่น o-dichlorobenzene และกำจัดโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว พรอท แคลเมียม และสังกะสีได้ สำหรับตะกั่วถือเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำ สำหรับระบบสูบน้ำในชุมชน ต้องกำจัดให้ได้ปริมาณต่ำกว่า 10 พีพีบี จึงถือว่า อยู่ในระดับปลอดภัยที่กำหนดไว้

- การบำบัดน้ำในระบายน้ำและบ่อน้ำแร่

โคลโคแซนและอนุพันธ์ สามารถตกตะกอนได้ เช่น น้ำมัน สบู่ สิ่งสกปรก ผุ่นที่ปะปนอยู่ในน้ำ ทำให้น้ำในระบายน้ำ บ่อน้ำแร่ บ่อน้ำร้อน น้ำพุ ทะเลสาบ และแหล่งน้ำใสขึ้น

- การบำบัดกากของเสียประเภทอาหาร

โคลโคแซนจะจับกับอนุภาคที่เป็นคอลลอยด์ ซึ่งแพร่กระจายอยู่ในน้ำเสีย โดยจะดึงโปรตีนกลับมาเพื่อใช้ผลิตอาหารสัตว์ กระบวนการกู้เอาโปรตีนกลับคืน มาจะใช้วิธีการฉีดสารละลายโคลโคแซน 0.25-1.0 เปอร์เซ็นต์ ลงในน้ำเสีย กลุ่ม ตะกอนโปรตีน ประกอบด้วยโคลโคแซน 0.5-8.0 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 30-70 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง)

2.2 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

น้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการทอผ้า โดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนผสมทางด้านสารอินทรีย์และสีเป็นอย่างมาก การผสมผสานของกระบวนการหลายๆอย่าง โดยทั่วไปเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้บรรลุผลในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ เพราะฉะนั้นการดูดซับได้มีการพัฒนาให้เป็นวิธีทางกระบวนการทางกายภาพที่มีประสิทธิภาพสำหรับการกำจัดสีของน้ำเสียจากโรงงานทอผ้า สารที่มักใช้มากที่สุดสำหรับการกำจัดสีนั้นคือ “ถ่านกัมมันต์” (Activated Carbon) (Ruth , 1995) ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่อยู่ในรูปของคาร์บอนอสัณฐาน (Amorphous Carbon) ชนิดหนึ่ง แต่ถูกผลิตขึ้นมาโดยการกระตุ้น (Activation) ซึ่งจะทำให้พื้นผิวภายใน (Internal Surface Area) เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจำนวนมากแต่ถ้าหากศึกษาด้วยเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคชัน (X-Ray Diffraction) เป็นผลึก (Crystallites) อยู่บ้าง แต่มีข้อบกพร่องไม่สมบูรณ์เหมือนแกรไฟต์ จากคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ถ่านกัมมันต์แตกต่างจากถ่านชนิดอื่นๆ เช่น ถ่านหินลิกไนท์ ถ่านโค้ก ถ่านไม้ หรือแกรไฟต์ เป็นต้น ที่ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสูง อันเนื่องมาจากมีพื้นที่ผิวมาก มีความจุในการดูดซับสูง ผิวมีโครงสร้างเป็นแบบรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก (Microporous Structure) และมีความว่องไวในการดูดซับสูง

โดยทั่วไปแล้วผิวหน้าของถ่านกัมมันต์นั้นไม่มีขั้ว แต่เนื่องจากมีสารประกอบออกไซด์เกิดขึ้นเสมอที่ผิวหน้า และการจัดเรียงของอะตอมอยู่ในลักษณะเฮกซะโกนอล (Hexagonal) ทำให้ผิวหน้าของถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวสูงกว่าตัวดูดซับอื่นๆ จึงทำให้ดูดซับสารได้มากกว่า (เพียรพรรค ทศตร , 2534)

2.2.1 ชนิดของถ่านกัมมันต์ แบ่งตามรูปร่างลักษณะมี 2 ชนิด

2.2.1.1 ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon)

ทำได้โดยเอาถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาบด รูปร่างจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวิธีการบด ซึ่งจะมีผลทำให้คุณสมบัติการดูดซับแตกต่างกันไป ถ่านกัมมันต์ชนิดผงนี้นิยมใช้สำหรับการดูดสีในสถานะที่เป็นของเหลวส่วนใหญ่ โดยทั่วไปมีขนาด 5-100 ไมโครเมตร

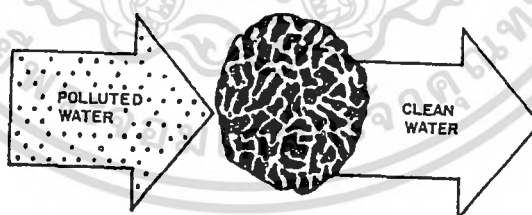
2.2.1.2 ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)

ทำจากวัตถุดิบที่เป็นเม็ดหรือแบบผง ทำให้เป็นเม็ดโดยการเติมตัวประสาน (Binding agent) ตัวอย่างเช่น ทาร์ (Tar) แล้วนำมาอัดเป็นเม็ด วัตถุดิบที่นิยมทำถ่านชนิดเม็ดได้แก่ วัตถุดิบที่ค่อนข้างแข็งและมีความหนาแน่นสูง เช่น กะลามะพร้าว ถ่านหิน ถ่านกัมมันต์ชนิดนี้ มักใช้ในการดูดกลืนก๊าซพิษและไอของสารละลายอินทรีย์

ซึ่งจากการทดลองพบว่า อัตราการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดผง (PAC) จะมีประสิทธิภาพดีกว่าการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (GAC) ถึง 24 เท่า (Ruth , 1995)

2.2.2 ลักษณะพิเศษของถ่านกัมมันต์

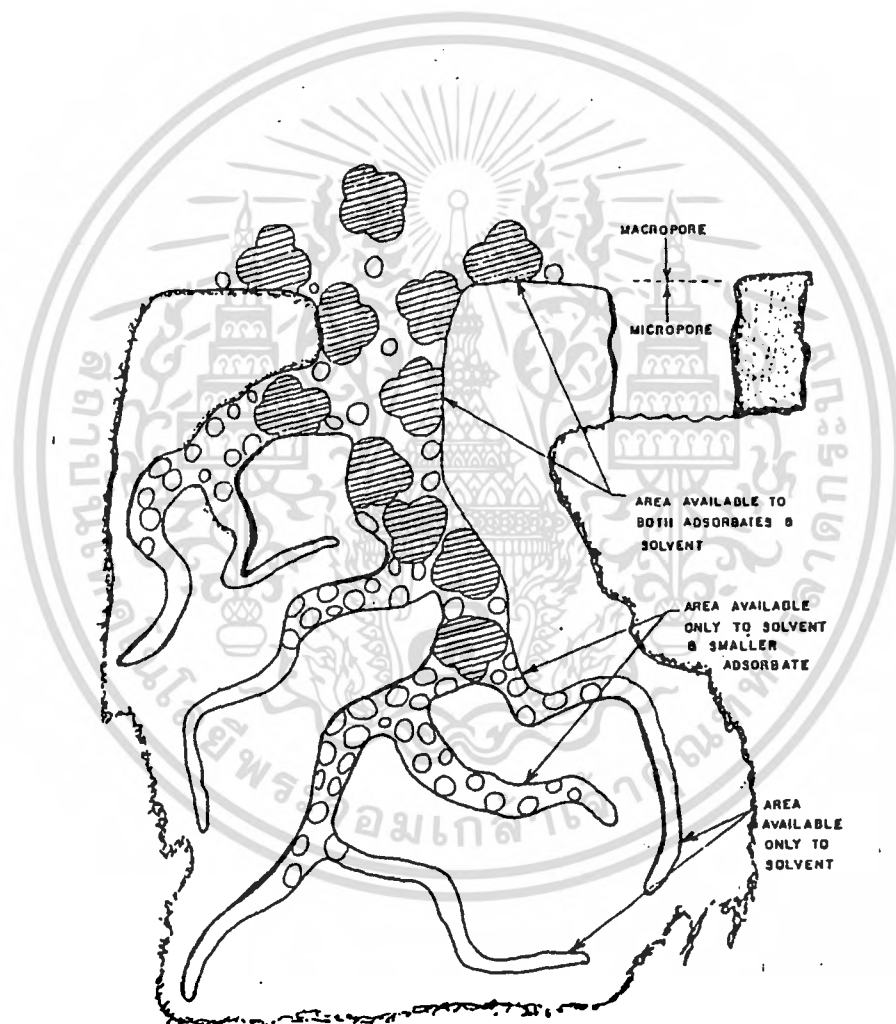
รูพรุนของถ่านกัมมันต์จะทำหน้าที่ดูดซับอนุภาคต่างๆ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3 โครงสร้างที่เป็นแบบรูพรุนของถ่านกัมมันต์ จะมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับขนาด รูพรุนขนาดใหญ่ (Macrapores) ไม่ใช่พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ รูพรุนขนาดเล็กของถ่านกัมมันต์เมื่อมีการปรับปรุงชั้นแรกจะส่งผลให้พื้นที่ผิวของการดูดซับมีขนาดใหญ่ขึ้น



รูปที่ 2.3 กระบวนการดูดซับของถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด สารอินทรีย์ในน้ำจะผ่านเข้าไปในรูพรุนและเกิดการดูดซับบนพื้นผิวของรูพรุน (Jame and Harry , 1971)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูพรุนขนาดใหญ่จะมีขนาดใหญ่กว่า 1000 อังสตรอม(A^o) ส่วนรูพรุนขนาดเล็กจะมีขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 10-1000 อังสตรอม โครงสร้างของรูพรุนจะเป็นพื้นที่ผิวที่ทำหน้าที่หลักในการดูดซับ ขนาดของรูพรุนจะเป็นตัวกำหนดการกรองโมเลกุลว่าขนาดของโมเลกุลใดที่สามารถเข้าไปในอะตอมของคาร์บอนเพื่อดูดซับได้ ดังรูปที่ 2.4 จากรูปเป็นวิธีการแยกโดยใช้รูพรุน โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะถูกรูพรุนที่มีขนาดเล็กทำการกีดขวาง อย่างไรก็ตามเนื่องจากถ่านกัมมันต์มีรูปร่างกลมและเป็นโมเลกุลที่มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาทำให้โมเลกุลที่มีขนาดเล็กสามารถแทรกซึมเข้าไปในรูเล็กๆ ได้ (Jame and Harry , 1971)



รูปที่ 2.4 แสดงความแตกต่างของโมเลกุลของการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลที่เป็นผล
เนื่องมาจากรูพรุนของถ่านกัมมันต์(Jame and Harry , 1971)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

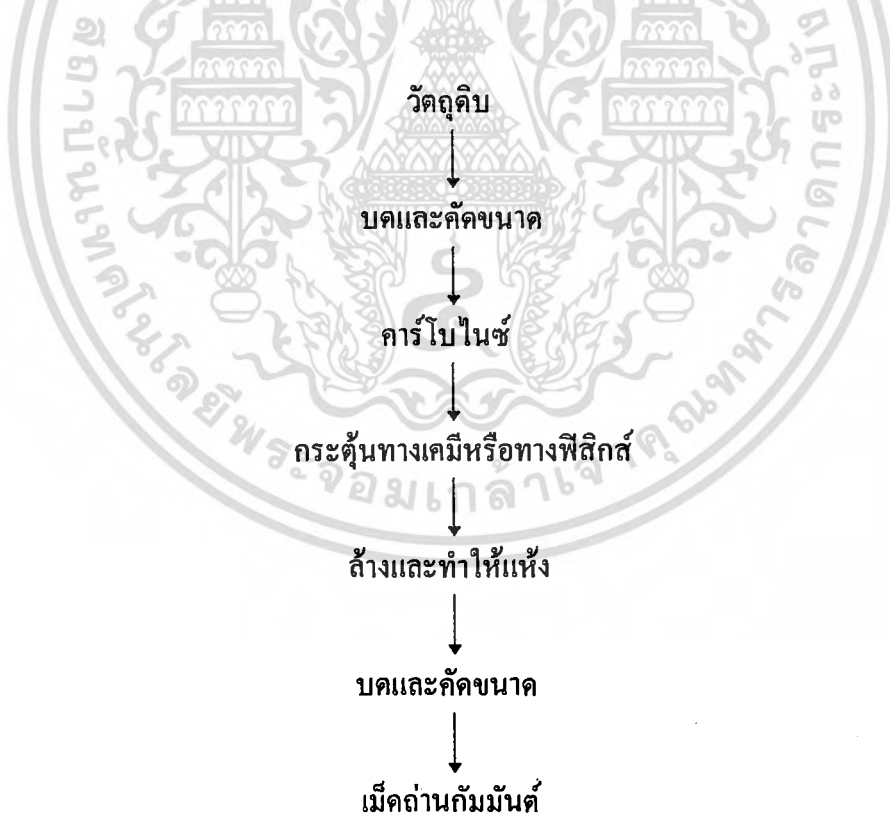
2.2.3 กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์

ในปัจจุบันการผลิตถ่านกัมมันต์มีมากมายหลายวิธี ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุดิบคืออะไร ลักษณะและคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ต้องการ แต่โดยทั่วไปกระบวนการดังกล่าวประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆ 3 ขั้นตอน ดังนี้คือ (สุกสีทธิ กิตชัย , 2538)

1.เตรียมวัตถุดิบ ซึ่งวัตถุดิบที่สามารถผลิตถ่านกัมมันต์นั้นจะต้องมีการบดเป็นองค์ประกอบ

2.คาร์โบไนเซชัน (Carbonization) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายหลักก็คือ เพื่อผลิตให้ได้ถ่านที่มีรูพรุน และการจัดเรียงของคาร์บอนอะตอมให้เป็นระเบียบมากกว่าวัตถุดิบ ซึ่งปัจจัยทั้ง 2 มีผลต่อความไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้น

3.แอกติเวชัน (Activation) คือการทำให้ คาร์บอนหรือถ่าน มีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การเพิ่มพื้นที่ผิว และการทำให้ผิวมีความว่องไวมากขึ้น



รูปที่ 2.5 แสดงกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์(สุกสีทธิ กิตชัย , 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์

ในอุตสาหกรรมมีการใช้ถ่านกัมมันต์อย่างแพร่หลาย หน้าที่ของถ่านกัมมันต์ในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น

2.2.4.1 ถ่านกัมมันต์ประเภทที่ใช้ในการดูดซับแก๊สหรือไอ

- ใช้ในอุตสาหกรรมทำหน้าที่กักป้องกันแก๊สพิษ ทั้งที่ใช้ในการทหารและที่ใช้กันทั่วไป ทั้งนี้เพราะว่าถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับแก๊สพิษและไอของสารอินทรีย์ได้
- ใช้แยกแก๊สโซลีนออกจากก๊าซธรรมชาติ
- ใช้แยกเบนซอล(Benzol)ออกจากแก๊สอุตสาหกรรม
- ใช้แยกไอระเหยของตัวทำละลายที่ใช้แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยถ่านกัมมันต์จะดูดซับไอระเหยเหล่านั้นที่อุณหภูมิห้องและคายออกที่ความดันของไอต่ำๆ เช่น การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย, การหมัก, อุตสาหกรรมพลาสติก, ผลิตภัณฑ์ยาง เป็นต้น
- กำจัดสิ่งเจือปนออกจากแก๊ส เช่น ไฮโดรเจน, ไนโตรเจน, อีเลียม, อะเซทิลีน, แอมโมเนีย, คาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น
- กำจัดสารประกอบออร์แกนิกซัลเฟอร์ (Organic sulfur) เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสิ่งเจือปนอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม
- กำจัดกลิ่นจากอากาศในเครื่องปรับอากาศทำให้กลิ่นเหม็นลดน้อยลง
- ใช้ดูดซับกัมมันตภาพรังสีที่ออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ สำหรับหน่วยปฏิกิริยาให้การสลายตัวเกิดขึ้นสมบูรณ์ ขณะที่ยังถูกจับไว้ในชั้นของถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

- 2.2.4.2 ประเภทที่ใช้กับของเหลว(ฟอกสี และทำให้ของเหลวบริสุทธิ์) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น
- ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อฟอกสีและทำให้น้ำตาลคิบบริสุทธิ์ขึ้น
 - ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันและไขมันสำหรับบริโภค นอกจากใช้ในการฟอกสีแล้ว ยังใช้ในการแยกเอาสบูและเปอร์ออกไซด์ออกจากไขมันและน้ำมันด้วย
 - แยกสิ่งเจือปนออกจากผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เจลาติน, น้ำส้ม, เพ็คติน, ซ็อกโกแลต, น้ำผลไม้ เพราะไม่เป็นอันตรายและไม่เกิดปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์อาหาร
 - ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องคั้มแอลกอฮอล์ เช่น ไวน์, วิสกี้ มักใช้ถ่านกัมมันต์เพื่อดูดกลิ่นที่ไม่ต้องการ เช่น เอสเทอร์ ทำให้เครื่องคั้มที่ได้มีรสชาติขึ้น
 - ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและยา เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนในยาและเคมีภัณฑ์อื่นๆ เช่น สเตรปโตมัยซิน (Streptomycin), คาเฟอีน (Cafein), โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate) รวมทั้งกรดต่างๆ
 - ใช้ทำน้ำคั้มให้บริสุทธิ์เป็นการกำจัดสีและกลิ่น นอกจากนี้ยังใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
 - ใช้แยกโลหะออกจากสารละลายที่ต้องการ เช่น การแยกทองหลังการสกัดจากแร่ด้วยวิธีไซยาไนด์ เป็นต้น
 - ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือเป็นตัวพาสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst carrier) เช่น เป็นตัวพาสารเร่งปฏิกิริยาสำหรับปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation), เป็นตัวรองรับสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst support) สำหรับซิงค์อะซิเตทในโรงงานผลิตไวนิลอะซิเตท
 - ใช้ในทางการแพทย์ เช่น ให้ยาถูกดูดซับบนถ่านกัมมันต์ ยาค่อยๆออกฤทธิ์โดยมีความเข้มข้นสม่ำเสมอ ตัวอย่างคือ ไฮดรอกซิลอะมิโนฟีนิลอะซิติก (Hydroxyl aminophenylarsonic acid) สำหรับรักษาโรคที่เกิดจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดเชื้ออะมีบา และพาราไซต์ และยังใช้ดูดสารพิษจากผู้ที่ได้รับชนกันขนาด หรือกินยาพิษ นอกจากนี้ยังใช้รักษาอาการมีแก๊สมากในกระเพาะอีกด้วย (เพ็ชรพรรณ ทศกร , 2534)

2.3 การนำไคโตแซนและถ่านกัมมันต์มาใช้ในการกำจัดสารพิษ

ในปี 1980 Catherine และคณะได้ทำการวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวกับการดูดซับไอออนของโลหะประเภทตะกั่ว (lead, Pb(II)) และโครเมียม (Chromium, Cr (III)) ด้วยตัวดูดซับพวกไคตินและไคโตแซน โดยใช้งานในรูปของเม็ดเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับระหว่างไคตินกับไคโตแซนในสารละลายโลหะ ทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในการดูดซับตะกั่ว (II) ด้วยไคติน พบว่าจะมีค่าการดูดซับอยู่ที่ประมาณ 21% ของไคโตแซน และเมื่อทำการตรวจสอบความหนาแน่นของไอออนตะกั่ว (II) ที่ผิวของไคโตแซนจะมีปริมาณไอออนของตะกั่ว (II) มากกว่าที่อยู่ในไคติน ในขณะที่การดูดซับโครเมียม (III) จะถูกดูดซับได้ในตัวดูดซับพวกไคโตแซนเท่านั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าไคโตแซนมีความสามารถในการดูดซับมากกว่าในไคติน ซึ่งเกิดเนื่องมาจากความไม่คงตัวของอะตอมในโครเจนที่มีผลต่อหมู่อะซิทิลของไคติน

ในปี 1990 Randy และ Brian ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับไอออนโลหะคอปเปอร์ (II) และตะกั่ว (II) ที่มีค่าเข้มข้น 1 ส่วนต่อล้านส่วน หรือพีพีเอ็ม (ppm) ด้วยไบโอโพลิเมอร์ชนิดต่างๆ ดังนี้ คือ เซลลูโลส (cellulose), กรดอัลจินิก (alginate acid), ไคติน (chitin), ไคโตแซน (chitosan) และคาราจีแนน (carrageenan) พบว่าไม่มีไบโอโพลิเมอร์ชนิดใดที่ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด เพราะความสามารถในการดูดซับจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นและชนิดของไอออนโลหะที่ทำการทดลอง ซึ่งผลการดูดซับสามารถสรุปได้ว่า ไคโตแซนเป็นตัวดูดซับที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมในการแยกสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม แต่ไคตินจะไม่สามารถทำงานได้ดีในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี 1992 Peniche และคณะ ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติการดูดซับ ไอออนของเมอร์คิวรี โดยใช้ไลโดแชนเป็นตัวดูดซับ โดยเน้นหนักในด้านการศึกษาทางด้านการเปลี่ยนแปลงทางไคเนติก (kinetic) ของลักษณะอัตราการดูดซับ โดยทำการทดลอง 2 แบบ คือ แบบการใช้การเขย่าไลโดแชนร่วมกับสารละลายกับการป้อนสารละลายไอออนโลหะผ่านคอลัมน์ที่มีไลโดแชนบรรจุอยู่ จากการทดลองพบว่าในการเกิดการดูดซับด้วยไลโดแชน พบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะการเกิดอัตราเร็วอยู่ 2 ช่วง คือ ในช่วงแรกอัตราการดูดซับจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงนาทีแรกของการดูดซับ แต่จะพบขีดจำกัดของการดูดซับได้หลังจากเวลาผ่านไปเกิน 100 นาทีแล้ว และในการทดลองที่ใช้คอลัมน์สามารถสรุปได้ว่าการดูดซับของไลโดแชน เกิดขึ้นเนื่องจากการจับโมเลกุลของสารกับรูพรุน ซึ่งจะเกิดการดึงดูดสารเข้าในรูพรุนและเกิดการดูดซับที่ผิวด้านในของรูพรุนไลโดแชน

ในปี 1993 Katsutoshi และคณะ ได้ทำการศึกษาการดูดซับ ไอออนโลหะชนิดต่างๆ ในสารละลายแอมโมเนียเหลว และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทดลองคือค่าพีเอช, ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียเหลว, กรดไฮโดรคลอริก, ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของไอออนประจุ โดยใช้ไลโดแชนปกติทำการดูดซับเทียบกับสารประกอบ ไลโดแชน-คอปเปอร์(II) ซึ่งพบว่าพันธะที่เกิดในสารประกอบ ไลโดแชน-คอปเปอร์เกิดการขัดขวางการทำงานของหมู่ที่ทำหน้าที่ดูดซับของไลโดแชน ทำให้อัตราการดูดซับของไลโดแชนลดลงเนื่องมาจากค่าการจับจำเพาะที่น้อยกว่า ซึ่งเป็นผลกระทบจากการรวมตัวกันเป็นแผ่นของ คอปเปอร์ (template effect by copper (II)) และเมื่อทำการเปรียบเทียบการดูดซับระหว่างไลโดแชนกับเรซินที่ใช้กันทั่วไป พบว่าไลโดแชนมีลักษณะการดูดซับที่ดีกว่า

ในปี 1994 Tomoyo และคณะ ใช้ไลโดแชนในการดูดซับกรดเบนโซอิก และอนุพันธ์ พบว่าความสามารถในการดูดซับของไลโดแชนจะสามารถดูดซับกรดเบนโซอิกได้มากกว่ากรดซาลิไซลิก เมทิลเบนโซเอท ตามลำดับ เนื่องจากโครงสร้างทางเคมี ซึ่งค่า pK_a จะมีผลต่อการดูดซับนี้ โดยที่กรดแต่ละชนิดจะมีค่า pK_a ที่เหมาะสมต่อการดูดซับแตกต่างกันไป

ในปี 1995 Ruth และ Tomas ได้ทำงานวิจัยในการวัดความแตกต่างของสี และหาความสามารถที่แตกต่างกันในการดูดซับสีออกจากร้านสีที่ข้อมผ้า โดยใช้ตัวดูดซับ 6 ชนิดแตกต่างกัน คือ ถ่านกัมมันต์ชนิดผง, อะลูมินาเจล, ไค อะตอมิก, ตัวกรองพวกโซเดียม อะลูมิเนียม ซิลิเกตชนิดยังไม่ได้ใช้งานและที่นำกลับมาใช้งานใหม่ โดยใช้สีข้อมผ้าสีแดงชนิดซิเทส-เรด-60 (disperse-red-60) เป็นสีที่ใช้ในการดูดซับ จากการทดลองพบว่าในการดูดซับสีในสภาพการควบคุมการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับเป็นไป ดังนี้ ถ่านกัมมันต์ผง > อะลูมิเนียมเจล > โซเดียม อะลูมิเนียม ซิลิเกตที่ยังไม่เคยใช้งาน > ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด > ไคอะตอมิก และ โซเดียม อะลูมิเนียม ซิลิเกต มีค่าน้อยที่สุด โดยเปรียบเทียบกับค่า COD และความสามารถในการดูดซับสี

ในปี 1995 Ruth ได้นำเอาถ่านกัมมันต์ชนิดผงมาใช้ในการดูดซับสี โดยทำการเปลี่ยนแปลงปัจจัย คือขนาดของถ่านกัมมันต์ พบว่าค่า COD จะสามารถลดลงได้ 95-98% และความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น เมื่อลดขนาดถ่านกัมมันต์ลง

ในปี 1996 Valentino และ Gaston ได้ทำการวิจัยโดยใช้ไคโตแซนตรึงรูปกับ *Scenedesmus bicellularis* ในการบำบัดน้ำเสีย พบว่าไคโตแซนที่ทำการตรึงเซลล์สามารถจับไอออนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียได้

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1 เครื่องชั่ง 2 และ 4 ตำแหน่ง
- 3.1.2 เครื่องวัดพีเอช
- 3.1.3 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น HACH DR/4000)
- 3.1.4 เครื่องเขย่า(Shaker)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.2.1 ฟลาสค์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.2.2 บีกเกอร์ ขนาด 100, 250, 500, 1000 มิลลิลิตร
- 3.2.3 กระบอกตวง ขนาด 100, 250 มิลลิลิตร
- 3.2.4 แ่งแก้วคน
- 3.2.5 ปิเปต ขนาด 5, 10 มิลลิลิตร
- 3.2.6 คิวเวต
- 3.2.7 กระจกกรองวอร์ชแมนเบอร์ 4
- 3.2.8 ขวดสีชา ขนาด 500, 1000 มิลลิลิตร
- 3.2.9 ขวดวัดปริมาตร ขนาด 500, 1000 มิลลิลิตร
- 3.2.10 เข็มฉีดยา ขนาด 3 มิลลิลิตร
- 3.2.11 magnetic bar และ magnetic stirrer
- 3.2.12 ซ้อนตักสาร
- 3.2.14 ผ้าขาวบาง

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 3.3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- 3.3.2 กรดอะซิติก (CH₃COOH)
- 3.3.3 กรดไฮโดรคลอริก (1 N HCl)
- 3.3.4 ไคโตแซน (% D Min 70, by Biorug : Co. Ltd.)
- 3.3.5 ผงถ่านกัมมันต์ (R1283 Fluka Chemika Activated charcoal)
- 3.3.6 สีย้อมผ้าสีแดง (DIANIX RED 2 BSL-FS 150 Dystar, Dystar Thai Ltd.)

3.4 วิธีการทดลอง

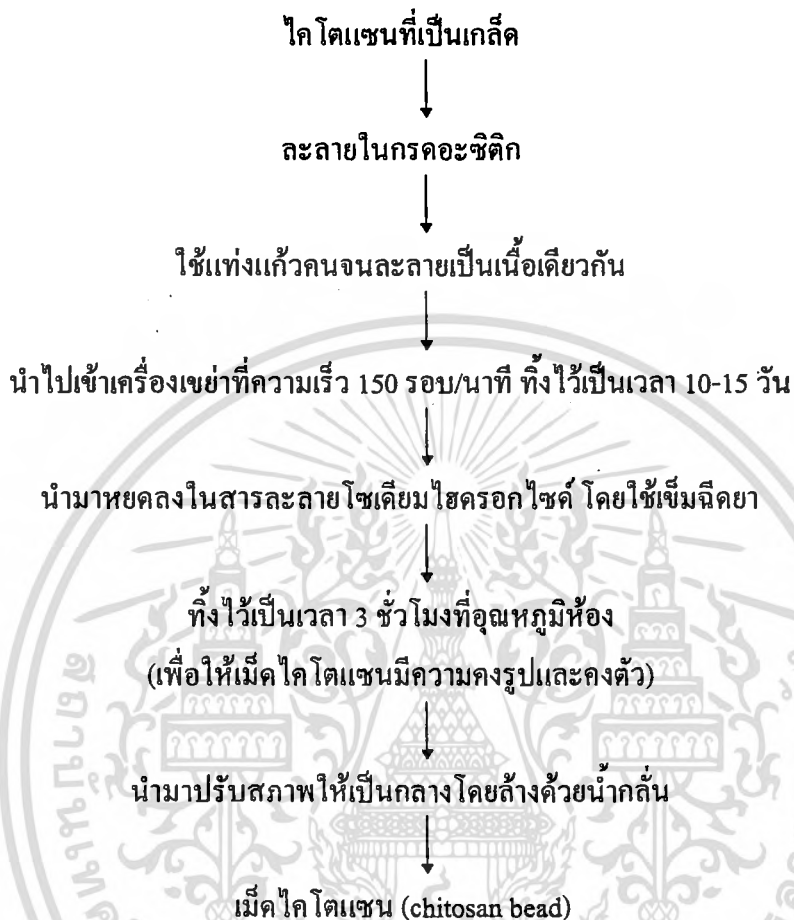
3.4.1 ศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายไคโตแซน และเปอร์เซ็นต์ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเป็นเม็ด

3.4.1.1 นำผงไคโตแซนละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) โดยใช้ความเข้มข้นของไคโตแซนที่ 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่า ความเร็วรอบ 150 รอบ ต่อนาที ทิ้งไว้เป็นเวลา 10-15 วัน

3.4.1.2 นำสารละลายไคโตแซนที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1.1 มาหยดลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) ตามลำดับ จากนั้นทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง และนำมาปรับสภาพให้เป็นกลางโดยการล้างด้วยน้ำกลั่น

3.4.1.3 ทำการเปรียบเทียบลักษณะของเม็ดไคโตแซนขึ้นรูป

ขั้นตอนการเตรียมเม็ดไคโตแซนในการทำการทดลอง



3.4.2 การศึกษาหาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นเม็ด

- 3.4.2.1 นำผงถ่านความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) มาผสมกับสารละลายไคโตแซน และทำการขึ้นรูปที่สภาวะที่เหมาะสม(จากข้อที่3.4.1)
- 3.2.2.2 นำไปเข้าเครื่องเย้าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 3.4.2.3 นำมาทำการเปรียบเทียบลักษณะของเม็ดไคโตแซนขึ้นรูป

3.4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีของไคโตแซน และไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

3.4.3.1 นำสารละลายไคโตแซน มาผสมกับผงถ่านกัมมันต์ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยใช้ผงถ่าน 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ

3.4.3.2 นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 3.4.3.1 มาทำการขึ้นรูปโดยหยดลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์ (จากข้อที่ 3.4.1)

3.4.3.3 นำไคโตแซนที่ผสมผงถ่านที่ความเข้มข้นต่างๆ ใส่ลงในสารละลายสีข้อมผ้า ความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม โดยใช้สัดส่วนของไคโตแซนต่อน้ำสี เท่ากับ 1:6 (ปริมาตรต่อปริมาตร) จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที

3.4.3.4 บันทึกผลการทดลอง โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 542 นาโนเมตร ทุกๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.4.3.5 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสี โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.4.3.6 นำไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านกัมมันต์ 0.3 กรัมใส่ลงในสารละลายสีข้อมผ้าความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม และทำการทดลองเหมือนเดิม (จากข้อ 3.4.3.3 -3.4.3.5)

3.4.4 การศึกษาพีเอชที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีของไคโตแซน และไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์

3.4.4.1 นำไคโตแซน และไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในสารละลายสีข้อมผ้าความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม โดยใช้สัดส่วนของไคโตแซนต่อสารละลายสีข้อมผ้าเท่ากับ 1:6 (ปริมาตรต่อปริมาตร) และทำการปรับพีเอชของน้ำสีให้ได้เท่ากับ 3, 5, 7, 9 และ 11 ตามลำดับ โดยใช้สารละลาย 1N HCl และ 1N NaOH ในการปรับพีเอช

3.4.4.2 นำเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที

3.4.4.3 บันทึกผลการทดลอง โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตร ทุกๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.4.4.4 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีของไคโตแซน และไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมผ้าที่แตกต่างกัน

3.4.5.1 นำไคโตแซน 3 เปอร์เซ็นต์ (เตรียมจากการทดลองที่1) มาใส่ลงในน้ำสีที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 30, 50, 70 และ 90 พีพีเอ็ม ตามลำดับ โดยใช้สัดส่วนของไคโตแซน ต่อ น้ำสี เท่ากับ 1:6 นำเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที

3.4.5.2 บันทึกผลการทดลองโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตร ทุกๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.4.5.3 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับสี โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.4.6 ศึกษาหาสัดส่วนของไคโตแซน และไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ ต่อสารละลายสีย้อมผ้าที่เหมาะสมต่อการดูดซับ

3.4.6.1 นำไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในน้ำสีความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม โดยใช้สัดส่วนของไคโตแซนต่อสารละลายสีย้อมผ้า ดังนี้ 1:6, 2:6, 3:6 และ 4:6 (ปริมาตรต่อปริมาตร)ตามลำดับ

3.4.6.2 นำเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที

3.4.6.3 บันทึกผลการทดลองโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตร

3.4.6.4 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสี โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.4.7 วิธีการวิเคราะห์

3.4.7.1 วัดปริมาณสีที่ถูกดูดซับ.....วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.4.7.2 วิเคราะห์ผลทางสถิติ.....แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้เปรียบเทียบตาราง ANOVA หากสรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันเกิดขึ้น ก็จะทำการทดสอบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยวิธีของ Duncan เพื่อทดสอบว่าการทดลองคู่ใดบ้างแตกต่างกัน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายโคโตแซน และเปอร์เซ็นต์ของสารละลายโซเดียม

ไฮดรอกไซด์ ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป

จากการทดลองการขึ้นรูปโคโตแซน โดยละลายโคโตแซนที่เป็นเกล็ด 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) มาละลายในกรดอะซิติก 2 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) จะได้สารละลายที่มีความหนืดแตกต่างกัน จากนั้นนำสารละลายแต่ละความเข้มข้นมาหยดลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) เมื่อทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง นำมาทดสอบความอยู่ตัวของโคโตแซนขึ้นรูป พบว่าที่ความเข้มข้นของโคโตแซนตั้งแต่ 6 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป และที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงๆตั้งแต่ 4 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะสามารถขึ้นรูปโคโตแซนได้ดี ทนต่อแรงเขย่า เมื่อนำไปเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ผลจากการทดลองจึงเลือกการขึ้นรูปโคโตแซนโดยใช้สารละลายโคโตแซน 6 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) มาละลายในกรดอะซิติก 2 เปอร์เซ็นต์ และนำมาหยดลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) จะได้โคโตแซนขึ้นรูปที่มีความอยู่ตัว โดยเปรียบเทียบกับขั้นตอนการขึ้นรูปโคโตแซนของ Tomoyo และคณะ(1994) ในการศึกษาการใช้โคโตแซนดูดซับกรดเบนโซอิกและอนุพันธ์ โดยในขั้นตอนของการขึ้นรูปเม็ดโคโตแซนจะใช้ความเข้มข้นของโคโตแซน 7 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ละลายในกรดอะซิติก 2 เปอร์เซ็นต์ และทำการขึ้นรูปโดยหยดลงในสารละลายต่าง($H_2O:MeOH:NaOH = 4:5:1$) ซึ่งไม่เหมือนกับในการทดลอง แต่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการใช้โคโตแซนที่คุณภาพต่างกัน

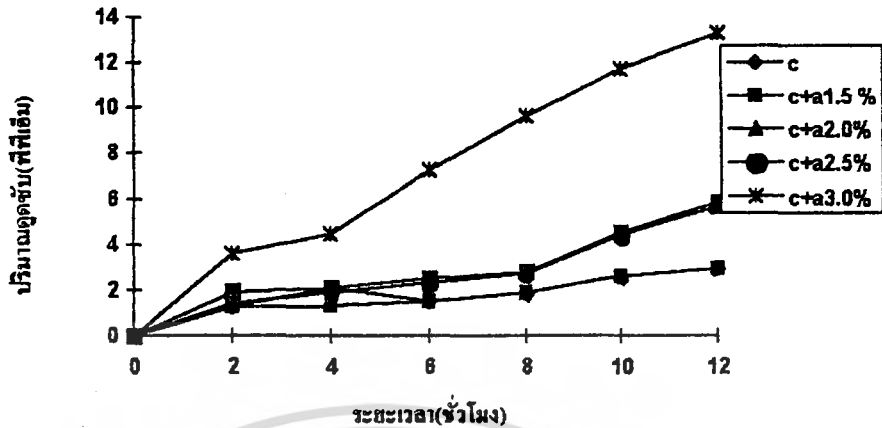
4.2 การศึกษาหาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นเม็ด

จากการทดลองที่ 4.1 เมื่อได้สถานะที่สามารถขึ้นรูปได้อย่างเหมาะสมแล้ว จึงนำสารละลายโคโตแซนมาผสมกับผงถ่านที่ความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่าโคโตแซนผสมผงถ่าน 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาทำการขึ้นรูปจะมีความคงตัวดี สามารถทนต่อการเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ในขณะที่โคโตแซนที่ผสมผงถ่าน 4.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีความคงตัว เมื่อนำมาเขย่าที่ความเร็วรอบ

150 รอบต่อนาที เนื่องจากมีปริมาณผงถ่านกัมมันต์มากเกินไปที่โคโตแซนจะขีดเกาะ และเกิดการขึ้นรูปได้อย่างสมบูรณ์

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีของโคโตแซน โคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ และผงถ่านกัมมันต์

จากการทดลองการนำโคโตแซน และโคโตแซนผสมผงถ่านที่ความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ มาทำการดูดซับสารละลายสีข้อมผ้าที่มีความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม นำเข้าเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตร และนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ซึ่งแสดงเป็นค่าของปริมาณสีที่ตัวดูดซับสามารถดูดซับไว้ได้ในช่วงระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าโคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีที่สุด และรองลงมาคือ โคโตแซนผสมผงถ่าน 2.5 เปอร์เซ็นต์ และโคโตแซนผสมผงถ่าน 2.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.1) โดยมีอัตราการดูดซับเริ่มต้นคือ 1.30, 1.13 และ 0.83 พีพีเอ็มต่อชั่วโมง(ตารางที่ 4.1) เมื่อครบ 12 ชม. ปริมาณสีที่หายไปมีค่าเท่ากับ 13.30, 6.586 และ 5.826 พีพีเอ็ม ตามลำดับ จากนั้นจึงนำโคโตแซนผสมผงถ่าน 3 เปอร์เซ็นต์ มาทำการเปรียบเทียบกับผงถ่านธรรมดา จากการทดลองพบว่า โคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการดูดซับดีกว่าผงถ่านธรรมดา (รูปที่ 4.2) โดยมีค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้น คือ 1.30 และ 1.00 พีพีเอ็มต่อชั่วโมงตามลำดับ และเมื่อครบ 12 ชม. ปริมาณสีที่หายไปมีค่าเท่ากับ 13.30 และ 13.0 พีพีเอ็ม ตามลำดับซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก การที่ผงถ่านมีประสิทธิภาพในการดูดซับดี เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก มีความจุในการดูดซับสูง ผิวมีโครงสร้างเป็นแบบรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก และมีความว่องไวในการดูดซับ(เพียรพรรค ทศกร, 2534) และเมื่อเรานำมาผสมกับโคโตแซนจึงทำให้โคโตแซนมีความพรุนมากขึ้น ทำให้มีพื้นที่สัมผัสกับสีมากขึ้น อีกทั้งตัวของผงถ่านเองก็มีความสามารถในการดูดซับสีได้คืออยู่แล้ว จึงเป็นการส่งเสริมให้ประสิทธิภาพในการดูดซับดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากการทดลองของ Petiche และคณะ(1992) ได้ทำการศึกษานำโคโตแซนมาใช้ในการดูดซับปรอท พบว่าความสามารถในการดูดซับปรอทของโคโตแซนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของรูพรุน โดยโคโตแซนที่มีรูพรุนมากจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีกว่าโคโตแซนที่มีรูพรุนน้อย

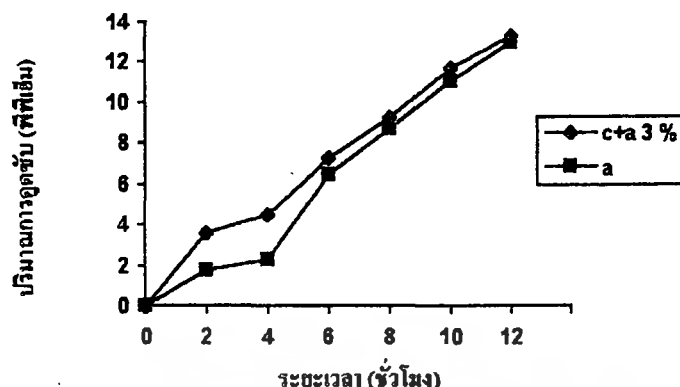


รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของ โคลิโตแซน และ โคลิโตแซนผสมผงถ่านที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการดูดซับเริ่มต้นของ โคลิโตแซน และ โคลิโตแซนที่ผสมผงถ่านที่ความเข้มข้นต่างๆ

ชนิดของตัวดูดซับ	อัตราการดูดซับ (พีพีเอ็ม/ชม.)
โคลิโตแซน	0.47
โคลิโตแซน+ผงถ่าน 1.5 เปอร์เซ็นต์	0.78
โคลิโตแซน+ผงถ่าน 2.0 เปอร์เซ็นต์	0.83
โคลิโตแซน+ผงถ่าน 2.5 เปอร์เซ็นต์	1.13
โคลิโตแซน+ผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์	1.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และ ผงถ่านกัมมันต์

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และ ผงถ่านกัมมันต์

ชนิดของตัวดูดซับ	อัตราการดูดซับ (พีพีเอ็ม/ชม.)
ไคโตแซน+ผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์	1.30
ผงถ่านกัมมันต์	1.00

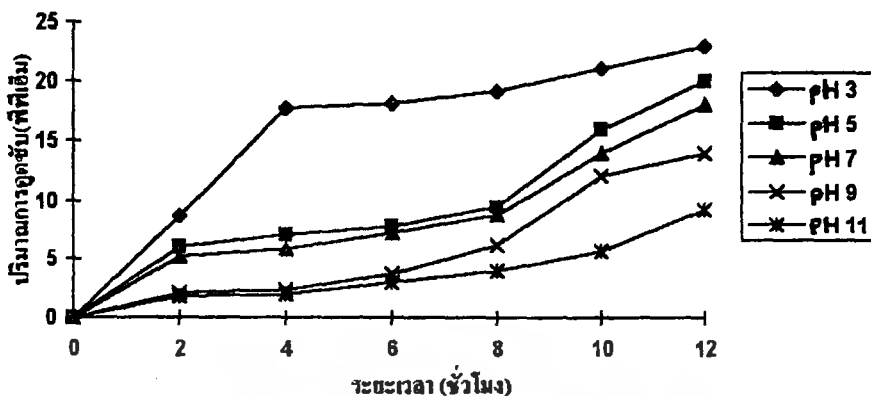
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากผลการทดลอง สามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้โดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวดูดซับแต่ละชนิด โดยใช้ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายสีข้อม้าของตัวดูดซับชนิดต่างๆ ไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวดูดซับที่ดีที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับระหว่างไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านพบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวดูดซับทั้งสอง จะไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4 การศึกษาพีเอชที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับลิซของโคโคแซน และโคโคแซนผสมผงถ่านกัมมันต์

จากการทดลองการนำโคโคแซน และโคโคแซนผสมผงถ่านความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ มาทำการดูดซับสารละลายสีข้อมผ้าที่ความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม ซึ่งทำการปรับพีเอชให้ได้เท่ากับ 3, 5, 7, 9 และ 11 ตามลำดับ นำเข้าเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตร และนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ซึ่งแสดงเป็นค่าของปริมาณสีที่ตัวดูดซับสามารถดูดซับไว้ได้ในช่วงระยะเวลา 12 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าสารละลายที่มีพีเอชเท่ากับ 3 ตัวดูดซับมีประสิทธิภาพในการดูดซับดีที่สุด และรองลงมา คือ พีเอช 5, พีเอช 7, พีเอช และพีเอช 11 ตามลำดับ (รูปที่ 4.3 และ 4.4) โดยโคโคแซนมีค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นที่พีเอชต่างๆ คือ 4.60, 2.50, 2.13, 0.69 และ 0.08 พีพีเอ็มต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) เมื่อครบ 12 ชั่วโมง ปริมาณสีที่หายไปมีค่าเท่ากับ 23, 20, 18, 14, 9.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนโคโคแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการดูดซับเริ่มต้นที่ พีเอชต่างๆ คือ 10.15, 8.60, 4.28, 3.37 และ 2.19 พีพีเอ็มต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) เมื่อครบ 12 ชั่วโมง ปริมาณสีที่หายไปมีค่าเท่ากับ 39.70, 29.70, 24.70, 22.12, 20.00 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การที่สารละลายสีข้อมผ้ามีพีเอชต่ำๆ หรือมีสภาพเป็นกรด จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับของโคโคแซนดีขึ้น เนื่องจากสภาพของสารละลายที่เป็นกรด จะช่วยเพิ่มประจุให้หมู่เอมีนอิสระ (NH_2) ของโคโคแซน ให้เปลี่ยนเป็นอยู่ในรูปเอมีนที่มีประจุบวก (NH_3^+) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแยกประจุลบที่แขวนลอยอยู่ในสารละลายโดยจับกับโมเลกุลเหล่านั้น ทำให้สารแขวนลอยไม่เสถียรและตกตะกอนออกมา ในขณะที่สภาพสารละลายที่เป็นด่างจะมีผลต่อการทำงานของหมู่เอมีนอิสระ (NH_2) คือ OH^- ในสารละลายด่างจะเข้าไปจับกลับหมู่เอมีนอิสระ (NH_2) ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ (ธีระพล ประมวลกิจจา, 2534)

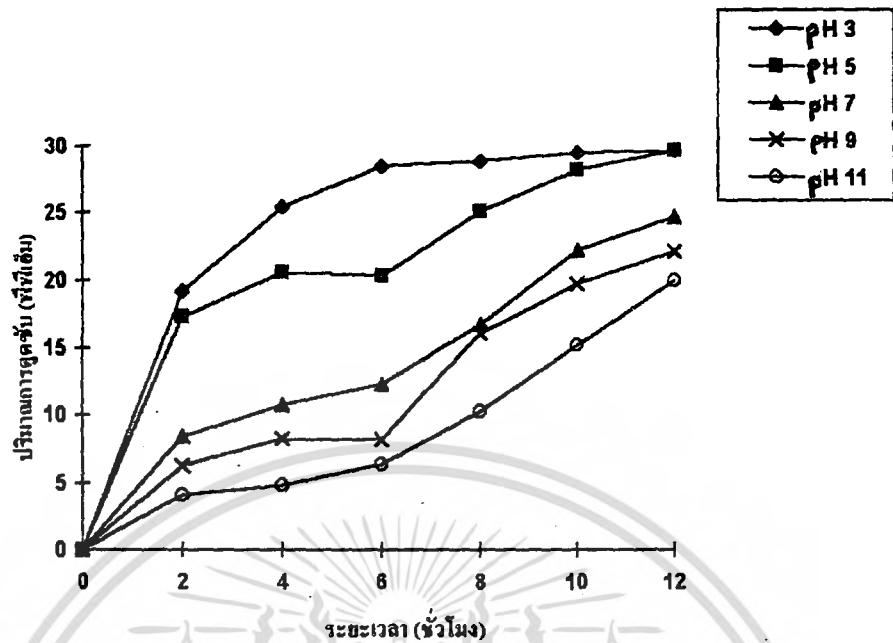


รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าพีเอชของสารละลายสีข้อมฟ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของไคโตแซน

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซน ที่สารละลายสีข้อมฟ้าที่มีพีเอชแตกต่างกัน

ค่าพีเอช	อัตราการดูดซับ (พีพีเอ็ม/ชม.)
3	4.60
5	2.50
7	2.13
9	0.69
11	0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าพีเอชของสารละลายซีลียมผ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่านความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่สารละลายซีลียมผ้าที่มีพีเอชแตกต่างกัน

ค่าพีเอช	อัตราการดูดซับ (ทีพีเอ็ม/ชม.)
3	10.15
5	8.60
7	4.28
9	3.37
11	2.19

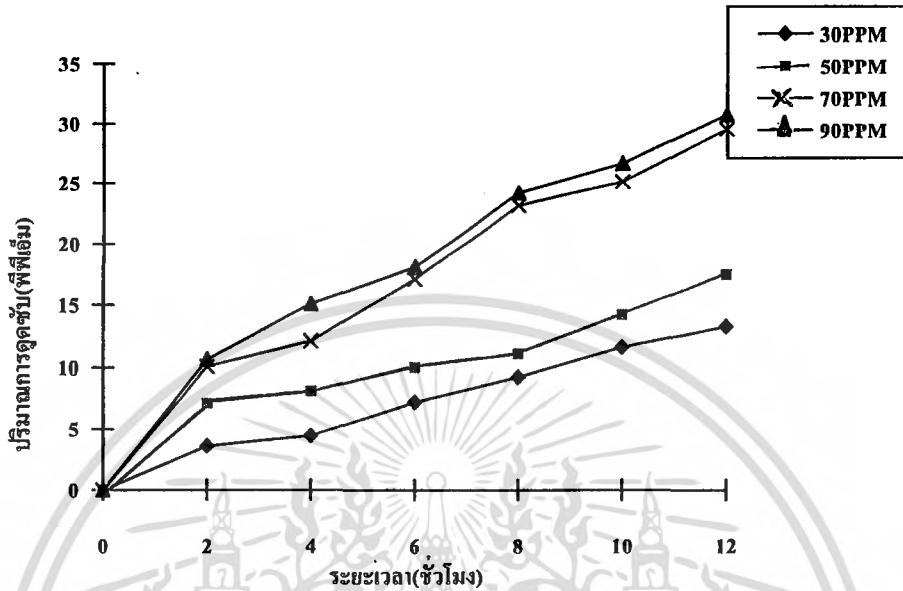
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากผลการทดลอง สามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้โดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพีเอชที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวดูดซับ โดยใช้ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้โคโคแชนเป็นตัวดูดซับสารละลายสีย้อมผ้าที่มีค่าพีเอชแตกต่างกัน พบว่า ในช่วงพีเอชที่เป็นกรด (พีเอช 3 และ 5) จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับดีกว่าช่วงพีเอชที่เป็นกลางหรือด่าง (พีเอช 7, 9 และ 11) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้โคโคแชนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวดูดซับ พบว่า ในช่วงพีเอช 3, 5 และ 7 มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไม่แตกต่างกัน แต่จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับดีกว่าในช่วงพีเอช 9 และ 11 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีของโคโคแชนผสมผงถ่านกัมมันต์โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมผ้าที่แตกต่างกัน

จากการทดลองการนำโคโคแชนผสมผงถ่านความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ มาทำการดูดซับสารละลายสีย้อมผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 30, 50, 70 และ 90 พีพีเอ็ม ตามลำดับ นำเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตร และนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ซึ่งแสดงเป็นค่าของปริมาณสีที่ตัวดูดซับสามารถดูดซับในช่วงระยะเวลา 12 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมผ้า 90 พีพีเอ็ม ตัวดูดซับจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด รองลงมาคือ 70 พีพีเอ็ม, 50 พีพีเอ็ม และ 30 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (รูปที่ 4.5) โดยมีค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นเท่ากับ 5.65, 4.69, 3.44 และ 1.68 พีพีเอ็มต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) เมื่อครบ 12 ชั่วโมง ปริมาณสีที่หายไปเท่ากับ 30.78, 29.54, 17.50 และ 13.30 พีพีเอ็ม ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์สีที่ถูกดูดซับเป็น 34 เปอร์เซ็นต์ 42 เปอร์เซ็นต์ 35 เปอร์เซ็นต์ และ 44 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากที่ความเข้มข้นของสารละลายสีสูงๆ หมู่อะมีนอิสระ (NH_2) ของโคโคแชน จะสามารถจับกับสีได้ในปริมาณมาก โดยคิดเป็นปริมาณสีต่อหนึ่งหน่วยของหมู่อะมีนอิสระ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Peniche และคณะ (1992) ในการศึกษาการใช้โคโคแชนดูดซับเมอร์คิวริกไอออน และการทดลองของ Ruth (1994) ในการศึกษาการนำถ่านกัมมันต์ชนิดผงมาใช้ในการดูดซับสี โดยจากการทดลองทั้งสองพบว่า ถ้าสารละลายที่ต้องการดูดซับมีความเข้มข้นสูงๆ จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี แต่ทั้งนี้ จะมีการดูดซับได้สูงสุดเพียงค่าหนึ่งเท่านั้น



รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมผ้าที่มีผลต่อ ประสิทธิภาพ การดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.5 แสดงอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่สารละลายสีย้อมผ้าที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้น(พีพีเอ็ม)	อัตราการดูดซับ(พีพีเอ็ม/ชม.)
30	1.68
50	3.44
70	4.69
90	5.65

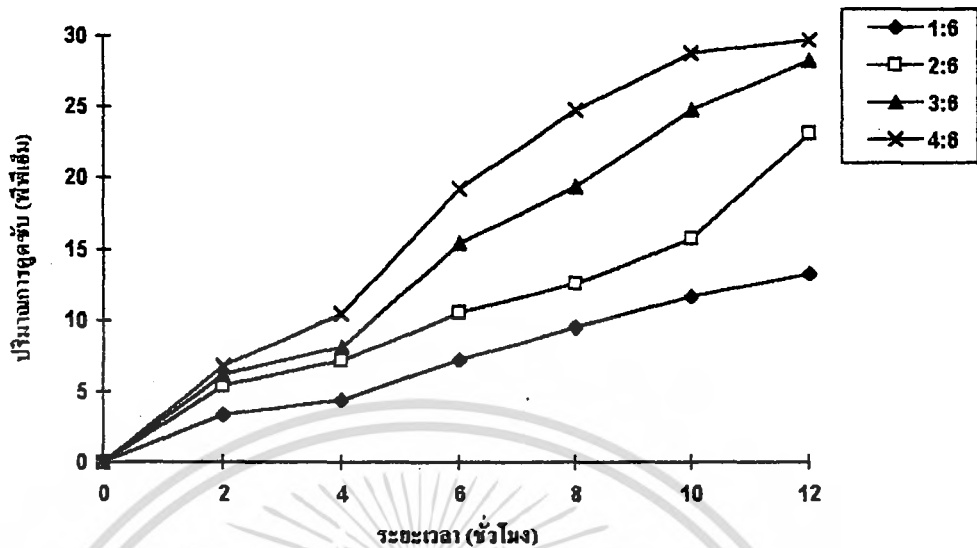
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากผลการทดลอง สามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้โดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายสี่ข้อมผ้าที่มีผลประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวดูดซับ โดยใช้ Ducan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายสี่ข้อมผ้าในช่วง 70-90 พีพีเอ็ม จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวดูดซับดีกว่าช่วงอื่นๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.6 การศึกษาหาสัดส่วนของไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ ต่อสารละลายสี่ข้อมผ้า ที่เหมาะสมต่อการดูดซับ

จากการทดลองการนำไคโตแซนผสมผงถ่านความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ มาทำการดูดซับสารละลายสี่ข้อมผ้าที่ความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม โดยใช้สัดส่วนของไคโตแซนต่อสารละลายสี่ข้อมผ้าที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 2:6, 3:6 และ 4:6 (ปริมาตรต่อปริมาตร) นำเข้าเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 542 นาโนเมตร และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ซึ่งแสดงเป็นค่าของปริมาณสี่ข้อมที่ตัวดูดซับสามารถดูดซับไว้ได้ในช่วงระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าที่สัดส่วนไคโตแซนต่อปริมาตรสี่ข้อมผ้า 4:6 มีประสิทธิภาพในการดูดซับดีที่สุด รองลงมา คือ 3:6, 2:6 และ 1:6 ตามลำดับ (รูปที่ 4.6) โดยมีค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นเท่ากับ 3.64, 2.68, 2.30 และ 1.57 พีพีเอ็มต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) เมื่อครบ 12 ชั่วโมง ปริมาณสี่ข้อมหายไปเท่ากับ 29.73, 28.27, 23.10 และ 13.3 พีพีเอ็ม การที่เราเพิ่มสัดส่วนของตัวดูดซับให้มากขึ้นมีความเป็นไปได้ว่าจะทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสและปริมาณหมู่เอมีนอิสระ (NH_2) ของไคโตแซนที่ใช้ในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สัดส่วนของไคโตแซน ต่อ ปริมาณสารละลายสีข้อมผ้าที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอัตราการดูดซับเริ่มต้นของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สัดส่วนของไคโตแซน ต่อ ปริมาณสารละลายสีข้อมผ้าที่แตกต่างกัน

ไคโตแซน : ปริมาณน้ำสี (น้ำหนักต่อปริมาตร)	อัตราการดูดซับ (พีพี เอ็ม/ชม.)
1:6	1.57
2:6	2.30
3:6	2.68
4:6	3.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากผลการทดลอง สามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้โดยใช้ *analysis of variance* และ เปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนของโคโตแซนต่อปริมาณสารละลายสีข้อมผ้าที่มีผล ประสิทธิภาพในการดูดซับของตัวดูดซับ โดยใช้ *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ในแต่ละสัดส่วนของตัวดูดซับต่อปริมาณสารละลายสีข้อมผ้า ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นใน ขณะที่ปริมาณสารละลายสีข้อมผ้าเท่าเดิม จะทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

- 5.1 จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นเม็ดของไคโตแซน พบว่าควรใช้ไคโตแซนเข้มข้น 6% โดยน้ำหนัก ละลายในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 2เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำมาทำการขึ้นรูปโดยหยดลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4เปอร์เซ็นต์ จะได้เม็ดไคโตแซนขึ้นรูปที่มีความคงตัว
- 5.2 เมื่อนำไคโตแซนมาผสมกับผงถ่านกัมมันต์ที่มีความเข้มข้นต่างๆเพื่อทำการขึ้นรูปเป็นเม็ด พบว่าควรผสมผงถ่านกัมมันต์ให้มีความเข้มข้นไม่เกิน 3เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเพราะจะมีความคงตัวดีเมื่อนำไปเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ใช้ในการทำการทดลอง
- 5.3 เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีของไคโตแซนและไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ พบว่าไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีดีที่สุด และเมื่อนำไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3เปอร์เซ็นต์ ไปทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับกับผงถ่านกัมมันต์อิสระ พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านกัมมันต์อิสระ ให้ผลใกล้เคียงกัน
- 5.4 เมื่อทำการเปรียบเทียบ pH ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีของไคโตแซน และไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารละลายสีข้อมผ้าที่มีสภาพเป็นกรด ตัวดูดซับทั้ง 2 ชนิด จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีขึ้น
- 5.5 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีของไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายสีข้อมผ้าที่แตกต่างกัน พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีขึ้นจะทำให้การดูดซับมีค่าสูง ขึ้นด้วยแต่จะมีค่าที่จำกัด ในการดูดซับ
- 5.6 เมื่อทำการเปรียบเทียบสัดส่วนของไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3เปอร์เซ็นต์ ต่อสารละลายสีข้อมผ้า โดยให้ปริมาตรของสารละลายสีข้อมผ้าคงที่ ในขณะที่ปริมาตรของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น พบว่าการเพิ่มปริมาตรตัวดูดซับจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองเป็นวิธีทำการทดลองแบบกะและสารละลายสีข้อมฟ้าที่ใช้ยังมีความเข้มข้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งจากโรงงาน การนำไปใช้งานจึงยังไม่เหมาะสม จึงควรมีการปรับปรุงการทดลองต่อไป โดยอาจใช้การดูดซับแบบต่อเนื่อง
2. เนื่องมาจากการใช้โคโคแซนร่วมกับผงถ่านกัมมันต์สามารถบำบัดสารละลายสีข้อมฟ้าที่มีความเข้มข้นน้อย เพราะฉะนั้นการนำไปบำบัดในโรงงานอุตสาหกรรม น้ำที่จะบำบัดจึงควรผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อน แล้วจึงใช้โคโคแซนร่วมกับผงถ่านกัมมันต์นี้บำบัดขั้นสุดท้าย เพื่อให้ให้น้ำมีความบริสุทธิ์มากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สารเคมี

ไคโตแซน

ไคโตแซนที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้ง

คุณภาพ : COMI เปอร์เซ็นต์ดีอะซิริลเลชันเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์

บริษัท : Biolux Co., Ltd.

ดีซ็อมผ้า

Dianix Red 2 BSL - F S 150

คุณลักษณะ

- ใช้ในกระบวนการข้อมเส้นใยพอลิเอสเตอร์ และเส้นใยผสมผ้าฝ้ายกับพอลิเอสเตอร์
- มีความสามารถในการข้อมได้รวดเร็ว

อุณหภูมิที่ใช้ในการข้อม

ค่าการข้อมที่เหมาะสม	200	องศาเซลเซียส	90	วินาที
	210	องศาเซลเซียส	90	วินาที

ถ่านกัมมันต์

Activated Charcoal C. Mr 12.01 จากบริษัท Fluko Chemic

Analysis No 29793/1 lo 91

drying :ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

ash :5 เปอร์เซ็นต์

Fe :0.3 เปอร์เซ็นต์

Particsize :75 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่า 40 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับสีย้อมผ้าและอัตราการดูดซับสีเริ่มต้น

นำสารละลายตัวอย่างสีย้อมผ้า 5 มิลลิลิตร



กรองด้วยกระดาษ what man เบอร์ 4



วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 542 นาโนเมตร



ทำการหาปริมาณการดูดซับสีย้อมผ้าและอัตราการดูดซับสีเริ่มต้น

โดยใช้กราฟมาตรฐานสารละลายสีย้อมผ้า

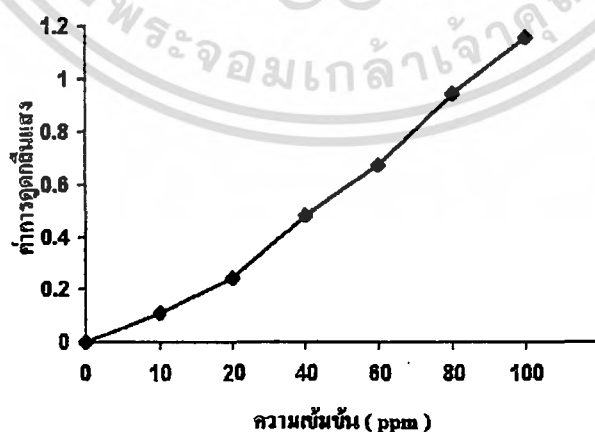
หมายเหตุ

- แบลงค์ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง
- ทำกราฟมาตรฐานสารละลายสีย้อมผ้าที่ระดับความเข้มข้น 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 พีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสีข้อมผ้ามาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง

ความเข้มข้น สีข้อมผ้า (พีพีเอ็ม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 542 นาโนเมตร			
	หลอดที่ 1	หลอดที่ 2	หลอดที่ 3	ค่าเฉลี่ย
10	0.115	0.111	0.110	0.112
20	0.247	0.239	0.243	0.243
40	0.492	0.471	0.492	0.485
60	0.673	0.665	0.684	0.674
80	0.912	0.956	0.996	0.948
100	1.123	1.163	1.191	1.159



รูปที่ ข-1 แสดงกราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีข้อมผ้าที่ความเข้มข้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับสี่ข้อมผ้า

$$\text{ปริมาณสี่ที่ดูดซับ} = \frac{\text{OD}_{\text{เริ่มต้น}} - \text{OD}_{\text{สุดท้าย}}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน}} \quad (\text{พีพีเอ็ม})$$

- การวิเคราะห์หาอัตราการดูดซับสี่เริ่มต้น

นำค่าปริมาณสี่ที่ดูดซับ ได้มาเขียนกราฟต่อหน่วยเวลา ความชันของกราฟที่ได้ในแต่ละเส้นคือ ค่าอัตราการดูดซับสี่ (พีพีเอ็มต่อชั่วโมง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองนี้เป็นแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ได้ผลดังนี้

1.การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของโคโคแซน โคโคแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ และผงถ่านธรรมชาติ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของโคโคแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านธรรมชาติ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ได้ผลดังนี้

ตารางที่ ค-1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของตัวดูดซับชนิดต่างๆ

แหล่งข้อมูล	df	SS	MS	F
ชนิดของตัวดูดซับ	4	152.4397	38.1099	8.5796*
ความคลาดเคลื่อน	25	111.0487	4.4419	
รวม	29	263.4884		

$$F_{0.05,4,25} = 2.78$$

ค่า F ที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่า F ที่ได้จกตาราง ดังนั้นสรุปได้ว่า มีชนิดของตัวดูดซับอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากนั้นจึงทำการทดสอบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีของคินแคน (Duncan's Multiple Rank Test) ที่ $df = 0.05$ ซึ่งจากผลการทดสอบ ได้ว่าโคโคแซนผสมถ่านกัมมันต์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากตัวดูดซับอื่นๆ หรือเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

C C+A 1.5 % C+A 2.0 % C+A 2.5 % C+A 3.0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของโคโคแชนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านมันต์

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของโคโคแชนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านมันต์ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ได้ผลดังนี้

ตารางที่ ก-2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของประสิทธิภาพในการดูดซับของโคโคแชนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านธรรมชาติ

แหล่งข้อมูล	df	SS	MS	F
ความคลาดเคลื่อน	1	3.224	3.224	0.179
	10	179.789	17.979	
รวม	23	1611.103		

$$F_{0.05,1,10} = 4.96$$

ค่า F ที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่าค่า F ที่ได้จกตาราง ดังนั้นสรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการดูดซับของโคโคแชนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และผงถ่านธรรมชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.การเปรียบเทียบค่าพีเอชของสารละลายยีส้อรม้า ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของ ไคโตแซน และไคโตแซนผสมผงอำพันกัมมันต์

จากการเปรียบเทียบพีเอชที่มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซน นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ได้ผลดังนี้

ตารางที่ ค-3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของพีเอชที่มีผลต่อการดูดซับของ
ไคโตแซน

แหล่งข้อมูล	df	SS	MS	F
พีเอช	4	644.6136	161.1534	6.8957*
ความคลาดเคลื่อน	25	581.753	23.27	
รวม	29	1226.367		

$$F_{0.05,4,25} = 2.78$$

ค่า F ที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่า F ที่ได้จกตาราง ดังนั้นสรุปได้ว่า มีพีเอชอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากนั้นจึงทำการทดสอบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีของดันแคน (Duncan's Multiple Rank Test) ที่ $df = 0.05$ ซึ่งจากผลการทดสอบ ได้ว่า

พีเอช 3 มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซน แตกต่างกับพีเอช 7, พีเอช 9 และ พีเอช 11

พีเอช 5 มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซน แตกต่างกับพีเอช 11

หรือเขียนเป็นแผนภาพ ได้ดังนี้

pH 11

pH 9

pH 7

pH 5

pH 3

จากการเปรียบเทียบพีเอชที่มีผลต่อการดูดซับ ของไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ได้ผลดังนี้

ตารางที่ ก-4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของพีเอชที่มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์

แหล่งข้อมูล	df	SS	MS	F
พีเอช	4	1538.150	384.538	9.462*
ความคลาดเคลื่อน	25	1016.054	40.642	
รวม	29	2554.2041		

$$F_{0.05,4,25} = 2.78$$

ค่า F ที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่า F ที่ได้จกตาราง ดังนั้นสรุปได้ว่า มีพีเอชอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากนั้นจึงทำการทดสอบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีของคินแคน (Duncan's Multiple Rank Test) ที่ $df = 0.05$ ซึ่งจากผลการทดสอบ ได้ว่า

พีเอช 3 มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกับพีเอช 7, พีเอช 9 และ พีเอช 11

พีเอช 5 มีผลต่อการดูดซับของไคโตแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกับพีเอช 9 และพีเอช 11

หรือเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

pH 11

pH 9

pH 7

pH 5

pH 3

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของไลโคเซนผสมผงถ่านกัมมันต์ 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายอีเอ็มค้ำที่แตกต่างกัน

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสีที่ความเข้มข้นต่างๆ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ได้ผลดังนี้ ตารางที่ ค-5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสีที่ความเข้มข้นต่างๆ ของไลโคเซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์

แหล่งข้อมูล	df	SS	MS	F
ความเข้มข้นของน้ำสี	3	685.314	288.438	6.233*
ความคลาดเคลื่อน	20	733.013	36.651	
รวม	23	1418.327		

$$F_{0.05,3,20} = 3.10$$

ค่า F ที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่า F ที่ได้จากตาราง ดังนั้นสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสีที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ มีอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากนั้นจึงทำการทดสอบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีของดันแคน (Duncan's Multiple Rank Test) ที่ $df = 0.05$ ซึ่งจากผลการทดสอบ ได้ว่า

ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสีที่ระดับความเข้มข้น 90 พีพีเอ็มแตกต่างกับที่ระดับ 30 และ 50 พีพีเอ็ม

ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำสีที่ระดับความเข้มข้น 70 พีพีเอ็ม แตกต่างกับที่ระดับ 30 พีพีเอ็ม

หรือเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

30 พีพีเอ็ม 50 พีพีเอ็ม 70 พีพีเอ็ม 90 พีพีเอ็ม

5. การเปรียบเทียบสัดส่วนของโคโคแซนต่อปริมาณสารละลายยีสซ์อมฟ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของโคโคแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์

จากการเปรียบเทียบสัดส่วนโคโคแซนผสมผงถ่าน 3.0 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณสารละลายยีสซ์อมฟ้า นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว ได้ผลดังนี้

ตารางที่ ค-6 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวของสัดส่วนโคโคแซนต่อ น้ำ ยีส

แหล่งข้อมูล	df	SS	MS	F
สัดส่วนโคโคแซนต่อน้ำยีส	3	475.431	158.477	2.79
ความคลาดเคลื่อน	20	1135.672	56.784	
รวม	23	1611.103		

$$F_{0.05,3,20} = 3.10$$

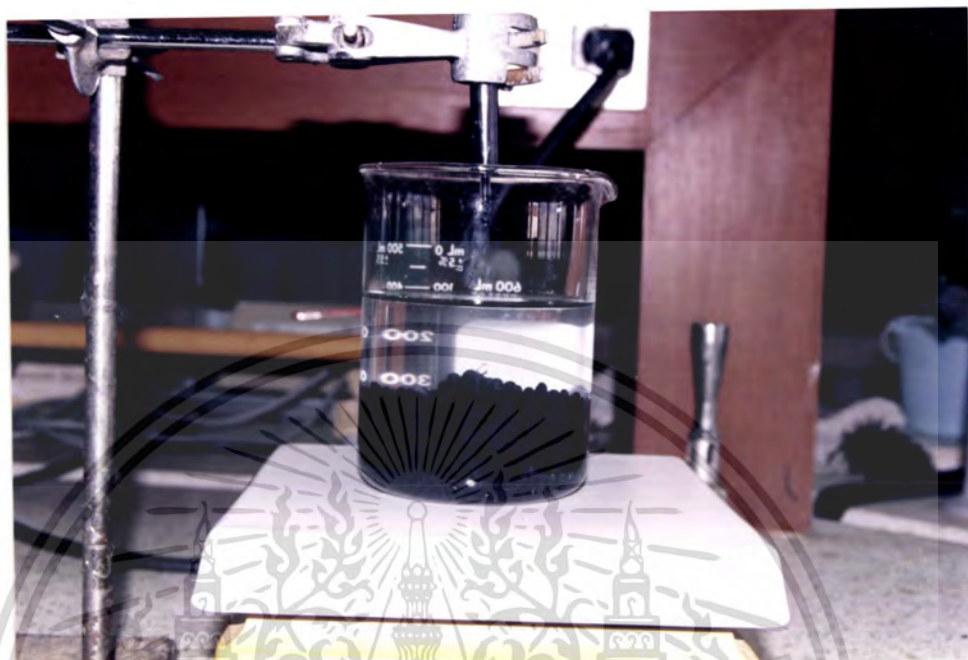
ค่า F ที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่าค่า F ที่ได้จากตาราง ดังนั้นสรุปได้ว่าสัดส่วนโคโคแซนต่อน้ำยีส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวก ง



รูปที่ ง-2 การขึ้นรูปเม็ดไคโตแซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-3 การขึ้นรูปเม็ด โคลิโดแซนผสมผงถ่านกัมมันต์



รูปที่ ง-4 เม็ด โคลิโดแซนและ โคลิโดแซนผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ขึ้นรูปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓-5 การดูดซับสี



รูปที่ ๓-6 น้ำสีหลังการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ธีระพล ประมวลกิจจา “อุตสาหกรรมผลิตไคตินและไคโตแซนจากเปลือกกุ้ง” อุตสาหกรรมสาร
ปีที่ 34, ฉบับที่ 7-12 (2534) : 3-7
- เพ็ชรพรศ ทศกร. หน่วยปฏิบัติการทั่วไป. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534.
- ศุภลัทธิ กิตชัย. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมันโดยกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำ
ยิ่งขุดในหม้อนิ่ง. ปรินญาณีพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538
- อุดมชัย จินะดิษฐ์ “ผลิตภัณฑ์จากเปลือกกุ้งกับการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ” วารสาร สสท. ฉบับ
เทคโนโลยี ปีที่ 19, ฉบับที่ 104 (ส.ค.-ก.ย. 2535) : 50-54
- Averbach, B.L. “Film-forming capacity of chitosan.” In proceedings of the first
international conference on chitin/chitosan (1978) : 199-209
- Bough, W.A. and others. “Chitosan a polymer from seafood waste, for use in treatment of food
processing wastes and activated sludge.” Process Biochem. (Jan-Feb 1976):13-16
- Catherine, A.E. and others. “Interaction of lead and chromium with chitin and chitosan.”
J. Appl. Polym. Sci. 25 (1980): 1587-1599
- Coleman, B. and Mason, J. “Seafood spray gives fruit that fresher feeling.” New
Scientist 30 (1988) : 48
- Filar, L.J. and Wirick, M.G. “Bulk and solution properties of chitosan.” In proceedings of
the first international conference on chitin/chitosan (1978) : 167-181
- Green, J.H. and Kramer, A. “Food processing waste management.” Food Technol. 42
(1979) : 224-237
- Illanes, A. and others. “Immobilization of invertase on cross linked chitin.” Chitin in nature and
technology (1986) : 411-412
- Jame, S.M. and Harry, B.M. Activated Carbon. New York : Marcel Dekker Inc., 1971.
- Jeumiaux, C.H., “Distribution and quantitative importance of chitin in animal.” In proceedings of the
first international conference on chitin/chitosan (1978) : 5-10
- Katsutoshi, J. and others. “Adsorption of metal ions on chitosan.” Bull. Chem. Soc. Jpn. 66 (1993)
: 2916-2921

- Knorr, D. "Recover and utilization of chitin and chitosan in food processing waste management." *Food Technol.* 45 (1991) : 114-122
- Kurita, K. and others. "Studies on chitosan, evidence for formation of block and random copolymers of N-acetic-D-glucosamine and D-glucosamine by hetero- and homogeneous hydrolyses." *Makromol. Chem.* 178 (1977) : 3197-3202
- Peniche, C. and others. "The adsorption of mercuric ions by chitosan." *J. Appl. Polym. Sci.* 46 (1992) : 1147-1150
- Randy ,D. and Brian, G.D. "Bioabsorptions for wastewater treatment." *Congress chitin and chitosan* (1990): 648-656
- Ruth, Y.A. "Color removal from dye waste waters by adsorption using powdered activated carbon." *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 63 (1995) : 48-54.
- Sashiwa, H. and others. "Cationic polymer properties of chitosan." *Carbohydr. Polym.* 16 (1991) : 291-296
- Sljak-Braek, G., Anthonsen, T. and Sandford, P.(eds) "The biochemical cytology of chitin and chitosan synthesis in fungi." In *Chitin and chitsan* (1989) : 23-33.
- Soto, P. and others. "Effect of chitosan treatment on the clarify and color of apple juice." *J. Food Sci.* 54 (1989) : 495-496
- Technical Insights, Inc. "Specialty biopolymer for foods, medicine and industry." *Chitin and chitosan* (1989) : 208
- Tomoyo, M. and others. "Adsorption of benzoic acid and its derivatives to swollen chitosan beads." *Biosci. Biotech. Biochem.* 59 (1994) : 927-928
- Valentino, M.K. and Gaston, P. "Stability of chitosan gel as entrapment matrix of viable *Scenedesmus bicellularis* cell immobilized on screen for tertiary treatment of wastewater" *Bioresource Technol.* 56 (1996) : 147-155