

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดูดซับโครเมียม (+6) ในน้ำเสียโดยใช้ยีสต์ขนมปัง



นางสาว เซาวนีย์ ยงไสว 37054314
นางสาว พรรษพร พชรทิพย์ 37054338
นางสาว ศุภัสรา จิรวิทยาภรณ์ 37054364

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

ร/ท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ร/ท. ๖๖

ปีการศึกษา 2540

เลขหมู่..... 2540

เลขทะเบียน..... 30616

วัน, เดือน, ปี..... ๒๘ ก.ค. ๒๕๔๑

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยฯ หากมีการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absorbtion of Hexavalent Chromium (+6) in Wastewater by
Baker's Yeast**



**Miss Chaowanee Yongsawai
Miss Patsaporn Patcharatrip
Miss Supatsara Jiravittayaporn**

**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 การดูดซับสารละลายโครเมียม(+6) ในน้ำเสียโดยยีสต์ขนมปัง
โดย นางสาวเชาวนีร์ ยงไสว
นางสาวพรชพร พชรทิพย์
นางสาวศุภัสรา จีรวิทยาภรณ์
ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์มิ่งคล เพ็ญสายใจ

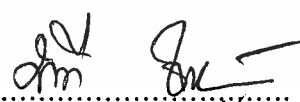
ภาคชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....
(รศ.ดร. พรรณี รุิตาภิชิต) หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ


.....
(อาจารย์วีน่า ชูชาติ) ประธานกรรมการ


.....
(อาจารย์มิ่งคล เพ็ญสายใจ) กรรมการ


.....
(อาจารย์มารีสา จาตุพรพิพัฒน์) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การดูดซับโครเมียม(+6)ในน้ำเสียโดยใช้ยีสต์ขนมปัง	
โดย	นางสาวเชาวนี	ยงใส
	นางสาวพรพรรณ	พชรทิพย์
	นางสาวศุภัสรา	จิรวิทยาภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์มงคล	เพ็ญสายใจ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์	
ปีการศึกษา	2540	

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม (+6) โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 4 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ G,S,B และ F พบว่า *S.Cerevisiae* สายพันธุ์ G มีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (+6) ได้สูงสุด โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ G ในการดูดซับโครเมียม (+6) คือความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม (+6) เป็น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเร็วรอบในการเขย่า 180 รอบต่อนาที และในสารละลายโครเมียม (+6) ที่พีเอชเท่ากับ 6 ยีสต์สามารถดูดซับโครเมียม (+6) ในสารละลายโครเมียมได้สูงสุด 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตรในเวลา 24 ชั่วโมง

Special Project Title	Absorption of Hexavalent Chromium in Wastewater by Baker's Yeast	
Name	Miss Chaovane	Yongsawai
	Miss Patsaporn	Patcharatrip
	Miss Supatsara	Jiravittayaporn
Special Project Advisor	Mr. Mongkol	Phensaijai
Department	Applied Biology	
Academic Year	1997	

ABTRACT

The efficiency of chromium (+6) removal by 4 types of *Saccharomyces cerevisiae* ; G , S , B and F was investigated. The result showed that *S. cerevisiae* type G gave the highest efficiency to remove chromium (+6). When the yeast concentration of 2.5 mg/l at 180 rpm was added into the chromium solution at pH 6 , the absorption value was 0.40 mg/l within 24 hours .

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ โครงการพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อ โครงการพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง-จ
สารบัญกราฟ	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	9
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	19
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ	29
ภาคผนวก ข สารเคมีและวิธีการเตรียม	30
ภาคผนวก ค กราฟมาตรฐานแสดงปริมาณ โครเมียม(+6)กับค่าการดูดกลืนแสง	31
ภาคผนวก ง ตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง	32
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ทางสถิติ	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพซึ่งโครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์มงคล เพ็ญสายใจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ได้ให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ และ รศ.ดร.ดุชนี ธนะบริพัฒน์ ที่ได้กรุณาตรวจทานภาษาที่ใช้ อาจารย์วีณา ชูโชติ ประธานคณะกรรมการ และ อาจารย์มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ กรรมการพิจารณาโครงการพิเศษ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำในโครงการพิเศษนี้เป็นอย่างดียิ่งเสมอมา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ทุกท่านที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้สำหรับการทดลอง คุณพรเทพ อุโฆษอารามิก ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านการคำนวณทางสถิติ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และ น้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการจัดทำโครงการพิเศษนี้

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงส่วนประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อ <i>Saccharomyces.cerevisiae</i> อายุ 24 ชั่วโมง	5
ตารางที่ 4.1	แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับโดย <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ ต่างๆ	19
ตารางที่ 4.2	แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ G(ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) สามารถดูดซับได้ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย โครเมียมต่างๆกัน	21
ตารางที่ 4.3	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับได้โดย <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G)เมื่อมีความเข้มข้นของสารละลาย 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเร็วรอบในการเขย่าต่างกัน	23
ตารางที่ 4.4	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับโดย <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) เมื่อมีความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ ความเร็วรอบในการเขย่า180 รอบต่อนาที ที่pH ต่าง ๆกัน	25
ตารางที่ ง 1	แสดงปริมาณโครเมียม (+6)ที่เหลือในน้ำของ <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ F	32
ตารางที่ ง 2	แสดงปริมาณโครเมียม (+6)ที่เหลือในน้ำของ <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ G	32
ตารางที่ ง 3	แสดงปริมาณโครเมียม (+6)ที่เหลือในน้ำของ <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ S	33
ตารางที่ ง 4	แสดงปริมาณโครเมียม (+6)ที่เหลือในน้ำของ <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ B	33
ตารางที่ ง 5	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากดูดซับโดยยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 2.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร	34
ตารางที่ ง 6	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากดูดซับโดยยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 5.0 มิลลิกรัม ต่อลิตร	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ ง 7	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากดูดซับโดยยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 7.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร	36
ตารางที่ ง 8	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากดูดซับโดยยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 2.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร ที่ความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที	37
ตารางที่ ง 9	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากดูดซับโดยยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 2.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร ที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที	38
ตารางที่ ง 10	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากดูดซับโดยยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 2.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร ที่ความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที	39
ตารางที่ ง 11	แสดงปริมาณโครเมียม(+6) ที่เหลือหลังจากการดูดซับโดยยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6) 2.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร ที่ 180 รอบต่อนาที ที่ pH 4 5 6 7 และ 8 โดยแสดงเฉพาะค่าเฉลี่ยที่ได้จากที่เวลาต่าง ๆ	40
ตารางที่ จ 1	แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับได้เฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์	41
ตารางที่ จ 2	แสดงร้อยละของโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับไปที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียมต่างๆ	43
ตารางที่ จ 3	แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วรอบในการเขย่า ที่ 140 , 180 และ 220 รอบต่อนาที	44
ตารางที่ จ 4	แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซับโครเมียม (+6) ที่ pH ต่าง ๆ ของสารละลายโครเมียม	45

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
กราฟที่ 1	แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ดูดซับได้โดยยีสต์ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (ยีสต์ขนมปัง) สายพันธุ์ต่าง ๆ	20
กราฟที่ 2	แสดงการดูดซับโครเมียม (+6) โดยยีสต์ <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียมต่างๆกัน	22
กราฟที่ 3	แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับได้โดย <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) เมื่อมีความเร็วรอบในการเขย่า 140 ,180 และ 220 รอบต่อนาที	24
กราฟที่ 4	แสดงค่าการดูดซับโครเมียม (+6) โดย <i>S. cerevisiae</i> สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) โดยเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายโครเมียม	26
กราฟที่ 5	กราฟมาตรฐานแสดงปริมาณโครเมียม (+6) กับค่าการดูดกลืนแสง	31

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1	แสดงลักษณะของ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ที่มีอายุ 3 วัน ในอาหาร malt extract	3
รูปที่ 2	แสดงการเจริญของเซลล์ยีสต์ในอาหาร yeast extract-glucose agar medium	4
รูปที่ 3	แสดงลักษณะเซลล์แม่เกิดการ budding เกิดหน่อของเซลล์ลูก	4
รูปที่ 4	กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตเมื่อเลี้ยงยีสต์ในอาหารเลี้ยง ยีสต์ ที่อุณหภูมิ 25 °C	5
รูปที่ 5	แสดงเชื้อ <i>S. cerevisiae</i> (ยีสต์ขนมปัง) ทั้ง 4 สายพันธุ์ สายพันธุ์ F,S,G,B ตามลำดับ	13
รูปที่ 6	แสดงเชื้อ <i>S. cerevisiae</i> (ยีสต์ขนมปัง) แบบครีมยีสต์	14
รูปที่ 7	แสดงสารละลายโครเมียม (+6) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 2.5,5.0 และ 7.5 mg/l ตามลำดับ	15
รูปที่ 8	แสดงสีสารละลายโครเมียม (+6) ก่อนและหลังหยดสารละลาย Diphenylcarbazide	15
รูปที่ 9	เครื่องเขย่าสารละลายที่ปรับอุณหภูมิได้	16
รูปที่ 10	เครื่องเขย่าสารละลายแบบธรรมดา	16
รูปที่ 11	เครื่องเหวี่ยงปั่น (centrifuge)	17
รูปที่ 12	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)	17
รูปที่ 13	เครื่องวัดพีเอช (pH meter)	18

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างมาก ซึ่งจากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีนี้เองก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างมากมาย ทำให้ระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติถูกทำลายไป

ปัญหาของโลหะหนักที่เป็นสารมลพิษอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ปรอท ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม แมงกานีส และโลหะหนักอื่นๆ ซึ่งเป็นเรื่องน่าสนใจและติดตามศึกษา ทั้งในด้านเกี่ยวกับพิษภัยที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต อื่นๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม การแพร่กระจาย รวมทั้งกระบวนการกำจัด ซึ่งควรอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาพัฒนากระบวนการกำจัด โลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ปะปนออกมากับน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปอีก

อุตสาหกรรมที่มีโอกาสปล่อยโลหะหนักได้มากที่สุด คือ โรงงานชุบโลหะ ซึ่งจะทิ้งโลหะหนักจากการผลิตได้ถึงปีละประมาณ 12 ตัน ฉะนั้นปัญหาการหากระบวนการที่จะกำจัดโลหะหนักอย่างมีประสิทธิภาพก็จะมีอยู่ และคาดว่าปัญหานี้คงจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากประเทศเราเป็นประเทศกำลังพัฒนาด้านอุตสาหกรรม โครเมียมเป็นโลหะหนักอีกตัวหนึ่งที่มีความเป็นพิษโดยมีการยืนยันจากคณะกรรมการวิจัยโรคมะเร็งระหว่างชาติ (International Agency for Research on Cancer ,IARC)แล้วว่าสารประกอบโครเมียมเป็นสารก่อมะเร็ง โดยทำให้เกิดมะเร็งที่ปอดและโพรงจมูก ซึ่งตามมาตราฐานน้ำทิ้งกระทรวงอุตสาหกรรมไทยได้กำหนดให้มีโครเมียมในน้ำทิ้งได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร อุตสาหกรรมที่มีการปล่อยโครเมียมลงสู่แหล่งน้ำได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนัง โรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กกล้า เหมืองแร่ต่างๆ การแยกโครเมียมออกจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถทำได้หลายวิธีแต่วิธีที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่คือ ใช้สารเคมีในการตกตะกอน โดยเติมสารเคมีลงไปเพื่อรีดิวซ์โครเมียม(+6)ให้เป็นโครเมียม(+3) ซึ่งเป็นพิษน้อยกว่าแล้วตกตะกอนลงมาในรูปโครเมียมไฮดรอกไซด์($\text{Cr}(\text{OH})_3$) วิธีนี้จะมีปัญหาตามมาคือ หากสารเคมีตกค้างในน้ำเสียมากๆ อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ ดังนั้นจึงมีการวิจัยเพื่อนำเอาจุลินทรีย์มาใช้เป็นตัวดูดซับโครเมียมจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม

จากรายงานการวิจัยการโครเมียม(+6)ในน้ำ(Rapaport และ Muter ,1995) ดังนั้นโรงงานพิเศษนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จำนวน 4 สายพันธุ์ ว่าสายพันธุ์ใดมีความสามารถลดโครเมียม(+6)ในน้ำได้ดีที่สุด และศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสม

สมต่อการดูดซับโครเมียม(+6)ในน้ำได้ดีที่สุด ซึ่งผลจากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการกำจัดโครเมียม(+6)ในน้ำเสีย แทนการใช้สารเคมี (วรรณะ ,2531)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาและคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ขนมปัง โดยยีสต์ขนมปังที่ใช้คือ *Saccharomyces cerevisiae* 4 สายพันธุ์ที่มีความสามารถในการดูดซับโครเมียม(+6) คือ สายพันธุ์ G S B F
2. ศึกษาปัจจัยและสภาวะต่างๆที่เหมาะสมในการนำเอายีสต์มาดูดซับโครเมียม(+6)โดยปัจจัยที่นำมาศึกษา คือ, ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม , ความเร็วรอบในการเขย่า , พีเอชของสารละลายโครเมียม

ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. เปรียบเทียบความสามารถของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จำนวน 4 สายพันธุ์ ในการดูดซับโครเมียม(+6)
2. ศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียมต่อการดูดซับโครเมียม(+6)โดยเชื้อยีสต์
3. ทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม(+6)ในน้ำของยีสต์ที่ความเร็วรอบในการเขย่าต่างๆ
4. ศึกษาผลของพีเอชในสารละลายโครเมียมต่อการดูดซับโครเมียม(+6)โดยเชื้อยีสต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แนวทางและความเป็นไปได้ในการนำยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (ยีสต์ขนมปัง) มาใช้กำจัดโครเมียม(+6)ในน้ำเสียแทนการใช้สารเคมี
2. ทราบถึงสภาวะและปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่เหมาะสมกับยีสต์ *S.cerevisiae* เมื่อนำมาใช้กำจัดโครเมียม(+6)ในน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของ *Saccharomyces cerevisiae*

การเจริญในอาหาร malt extract

เซลล์อายุ 3 วัน ที่ 25 องศาเซลเซียส เซลล์จะมีลักษณะกลม หรือ ค่อนข้างกลม , รีจนเกือบเป็นทรงกระบอก บางครั้งจะพบเป็นท่อนยาวมากกว่า 30 ไมครอน จะพบเป็นเซลล์เดี่ยวๆ , เป็นคู่ , สายสั้น หรือเป็นกลุ่ม (ดังรูปที่ 1) อายุ 1 เดือน ที่ 20 องศาเซลเซียส พบว่าเซลล์จะตกตะกอน บางครั้งจะจับตัวเป็นวง (ring) และเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวหน้า(film) (Volesky H.A. May - Philips,1995)

การเจริญในอาหาร malt agar

เซลล์อายุ 1 เดือน ที่ 20 องศาเซลเซียส รอยที่ขีด (streak) จะมีลักษณะเป็นครีมสีน้ำตาลอ่อน , นูนเล็กน้อยและมีผิวเรียบ

โครงสร้างของ ascospore

1 ascus มีอยู่ 1-4 ascospore มีรูปร่างกลมรี

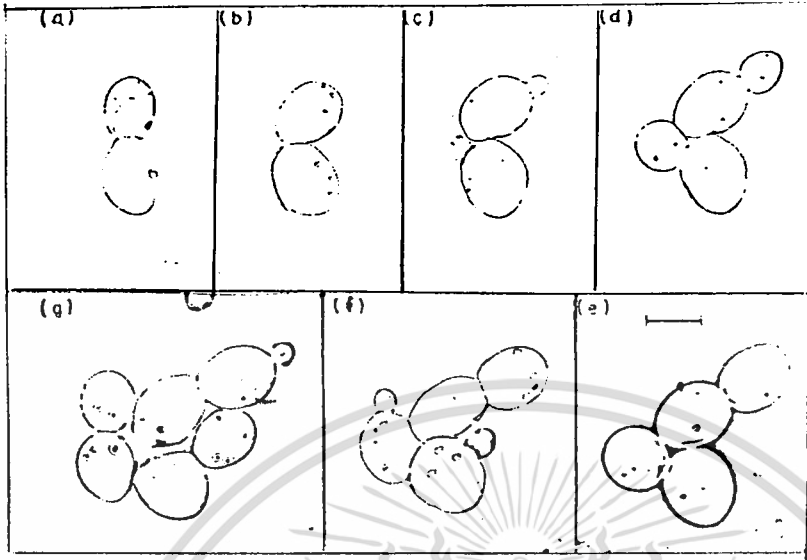


รูปที่ 1_ แสดงลักษณะของ *S. cerevisiae* ที่มีอายุ 3 วันในอาหาร malt extract

(ที่มา :Rose. and Harrison ,1987)

การเจริญในอาหาร yeast extract- glucose agar medium (.Rose and. Harrison ,1987)

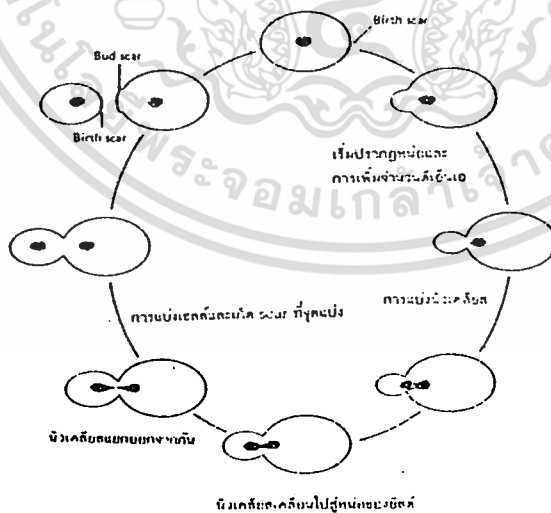
ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเจริญจะมีลักษณะคล้ายกับการเจริญใน malt extract คือ จะเกิดการแตกหน่อ (budding) ดังรูปที่ 2 กล่าวคือ จากภาพ (a)-(f) ยีสต์จะใช้เวลา 30 นาที และอีกประมาณครึ่งชั่วโมงก็จะได้ยีสต์ที่เกิดจากการแตกหน่อดังภาพ (g)



รูปที่ 2 แสดงการเจริญของเซลล์ยีสต์ในอาหาร yeast extract-glucose agar medium

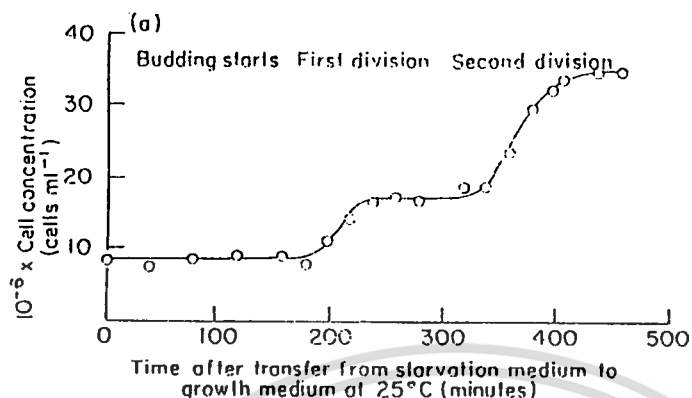
ลักษณะการสืบพันธุ์

การแตกหน่อของเซลล์ยีสต์เกิดจากเซลล์แม่ ซึ่งเซลล์แม่หนึ่งเซลล์สามารถเกิดเซลล์ลูกโดยการ budding ได้ 5-6 เซลล์ลูก ดังรูปที่ 3 จะเห็นลักษณะของเซลล์ลูกที่มีขนาดประมาณ 1 μm ในช่วงต้นของการแตกหน่อ



รูปที่ 3 แสดงลักษณะเซลล์แม่เกิดการ budding เกิดหน่อของเซลล์ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตเมื่อเลี้ยงยีสต์ในอาหารเลี้ยงยีสต์ ที่อุณหภูมิ 25 °C

โครงสร้างส่วนประกอบของผนังเซลล์ใน *S. cerevisiae*

เมื่อยีสต์มีอายุได้ 24 ชั่วโมงในอาหาร malt extract หรือ malt agar ที่อุณหภูมิ 27°C เมื่อนำยีสต์มาวิเคราะห์ผนังเซลล์จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบดังนี้ (Simmons, Pand Singleton, 1996)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อ *S. cerevisiae* อายุ 24 ชั่วโมง

ส่วนประกอบของผนังเซลล์(Preparation)	%น้ำหนักแห้งของเซลล์เมื่อมีอายุ 24 ชั่วโมง
cell walls	
protein	15.7 + 1.7
Total CHO	82.6 + 4.5
Mannan	38.6 + 2.1
Glucan	43.0 + 2.3
Chitin	1.0 + 0.1
Protein : Total CHO	0.19
Whole cells	
Protein	36.6 + 2.0
Total CHO	40.7 + 3.6
Protein : Total CHO	0.90

จากตารางส่วนประกอบของผนังเซลล์เหล่านี้เป็นส่วนสำคัญในการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะทั่วไปของโครเมียม

โครเมียม (Cr) เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 เกิดตามธรรมชาติในรูปของโครไมต์หรือสินแร่ Chrome iron (FeOCr_2O_3) ที่มีอยู่ประมาณ 0.037% ของเปลือกโลก ทั่วทั้งโลกจะมีความเข้มข้นของโครเมียมในดินอยู่ในช่วงตั้งแต่ปริมาณน้อยมากๆ จนถึง 2.4% ขณะที่ความเข้มข้นในบรรยากาศจะมีอยู่ในช่วง 0.001-0.007 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Sittig, 1976)

เลขออกซิเดชันของโครเมียมมีตั้งแต่ -2 ถึง +6 (Hamilton และ Wetterhahn, 1988)

-โครเมียม (-2 ถึง +6) พบมากในคาร์บอนิล และสารประกอบอินทรีย์

-Hexacarbonylchromium (0) ($\text{Cr}(\text{CO})_6$) มีลักษณะของแข็งสีขาว คงตัวในอากาศและไม่ละลายน้ำ

-โครเมียม (+2) เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรง และถูกออกซิไดส์เป็นโครเมียม (+3) โดยอากาศ

-โครเมียม (+3) เป็นเวเลนซีที่เสถียร เป็นรูปที่พบมากในธรรมชาติ เมื่อละลายน้ำจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนโดยมีโมเลกุลของน้ำเป็นลิแกนด์ ในสภาวะกรด $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ และในสภาวะด่าง $[\text{Cr}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$

-โครเมียม (+6) พบมากในธรรมชาติพอกๆกับ (+3) แต่พบในรูปสารประกอบที่มีออกซิเจน (oxo species) ตัวอย่างเช่น ไดโครเมต ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)

ในปัจจุบันได้มีการนำโครเมียมมาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก, สีทา, สีย้อม, สารยัดอายุไม้, สารป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ, การชุบโครเมียม, การฟอกหนัง และ อุตสาหกรรมการชุบเพลทโลหะและการประดิษฐ์ส่วนประกอบรถยนต์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำโลหะมาชุบโครเมียมมากที่สุด

ความเป็นพิษของโครเมียม

โครเมียมหรือสารประกอบของโครเมียม ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของฝุ่นและควัน ซึ่งจะเข้าสู่ร่างกายได้โดย

1. ทางจมูก โดยการสูดหายใจเอาผงและควันของกรดโครมิก ซึ่งส่วนใหญ่จะตกค้างบริเวณจมูกและทำอันตรายแก่กระดูกอ่อนที่กั้นระหว่างจมูกและอาจเข้าไปถึงปอด ซึ่งทำให้เกิดมะเร็งขึ้นได้
2. ทางผิวหนัง คนงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับโครเมียมจะได้รับฝุ่นละอองหรือควันของโครเมียมจะเกิดปฏิกิริยาต่อผิวหนังได้

บุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับโครเมียมอาจเกิดอันตรายได้ดังนี้

- 1) แผลจากโครเมียม เกิดจากการสะสมของฝุ่นละอองของโครเมียม แผลมีลักษณะเป็นวงกลม ขอบค่อนข้างเรียบ บวมเล็กน้อย ปกติมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร หรือเล็กกว่า ซึ่งจะมองคล้ายถูกเจาะด้วยตะปู จะคันในเวลากลางคืน
- 2) ผิวหนังอักเสบ
- 3) ผื่นคันในจมูกถูกเจาะทะลุ เนื่องจากกรดโครมิก หรือฝุ่นของโครเมียม
- 4) มะเร็งปอด

มาตรฐานของโครเมียมที่กำหนด ที่ปลอดภัยต่อคนงานที่ทำงานวันละ 7-8 ชั่วโมง หรือ สัปดาห์ละ 40-42 ชั่วโมง

- 1) งานที่ต้องทำเกี่ยวข้องกับควันของกรดโครมิก จะต้องมิได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร
- 2) งานที่ต้องทำเกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองของโครเมียมจะต้องมิได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร

จะเห็นได้ว่าโครเมียม (+6) เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศน์ ดังนั้นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีโครเมียม(+6) ปะปนมา ควรจะได้รับการบำบัดก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ เพื่อลดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติ

การกำจัดโครเมียมจากน้ำเสียก่อนจะนำปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

1. การกำจัดโครเมียมออกจากน้ำโดยวิธีทางเคมี และ ทางฟิสิกส์

มีหลายเทคนิคที่นำมาประยุกต์เพื่อใช้กำจัดโครเมียมออกจากน้ำ ดังนี้

1. การรีดักชัน
2. การแลกเปลี่ยนประจุ
3. การระเหย
4. การตกตะกอนด้วยสารเคมี
5. การสกัดด้วยตัวทำละลาย
6. รีเวอร์สออสโมซิส

2. การกำจัดโครเมียมด้วยวิธีทางชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียมีหลายประเภท เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา และสาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการใช้มี 2 แบบ คือ

1. ในรูป active cell

กลไกในการดูดซับ อาศัยกลไกการนำสารเข้าสู่เซลล์และกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์

2. ในรูป inactive cell

อาศัยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดกับหมู่ functional ขององค์ประกอบของผนังเซลล์

โครงสร้างโดยทั่วไปของผนังเซลล์ยีสต์และราเป็นแบบ multilaminated microfibrilla

โครงสร้างหลัก > 90% เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ สำหรับ *Saccharomyces* spp. อยู่ในกลุ่ม Hemiascomycetes จะมีโครงสร้างหลักเป็น mannan- β -glucan และมีองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น โปรตีน, ไขมันและรงควัตถุ

การที่มี phosphodiester group และ carbonyl group ในโปรตีนและไขมัน ยังทำให้ผนังเซลล์มีความเป็นประจุ สามารถดึงดูดโมเลกุลที่มีประจุนั้นได้ ได้มีการศึกษาผนังเซลล์ของยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ผ่านการ dehydration-rehydration แล้วพบว่าที่ผนังเซลล์จะมีแขนงของ mannan protein fibril ทำให้ผนังเซลล์มี electronegativity เพิ่มขึ้นซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับโลหะประจุบวก

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. เชื้อจุลินทรีย์
เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G,F,B และ S
2. เครื่องมือ
เครื่องแก้ว
เครื่องเขย่า (centrifuge)
เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
3. การเตรียมเชื้อยีสต์
 - 3.1. ถ่ายเชื้อยีสต์จากหลอดอาหารเอียง (slant) ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตรที่บรรจุอาหาร yeast malt extract broth (ภาคผนวก ก) จำนวน 100 มิลลิลิตร เลี้ยงที่อุณหภูมิห้องบนเครื่องเขย่า 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 วัน
 - 3.2. เก็บเกี่ยวเซลล์ยีสต์ที่ได้โดยนำสารแขวนลอยจากข้อ 3.1 มาเหวี่ยงปั่นที่ 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 2-3 ครั้ง เพื่อล้างอาหารออกจากเซลล์ให้หมด ตัวเซลล์ส่วนที่ตกตะกอนรวบรวมใส่ไว้ในเพลท (plate) ที่รองกันด้านในด้วยกระดาษกรอง ตั้งทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมงเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออกก่อน จึงนำส่วนเซลล์ที่ได้ไปใช้ในการดูดซับโครเมียม(+6)ในน้ำ
4. การทดสอบการดูดซับโครเมียม
 - 4.1. การทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโครเมียมของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*
 - 4.1.1. นำน้ำตัวอย่าง คือ สารละลายโครเมียม(+6) ในน้ำ deionized ที่มี ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มาใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 100 มิลลิลิตร
 - 4.1.2. นำเซลล์ยีสต์มาใส่ในน้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้ฟลาสก์ละ 0.5 กรัม/น้ำหนักแห้ง (เซลล์สดหนัก 4 กรัม มีค่าเท่ากับเซลล์แห้งหนัก 1 กรัม) แล้วนำไปวางบนเครื่องเขย่า 180 ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของเซลล์เท่ากับ 0.5 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อ 100 มิลลิลิตรของสารละลายโครเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.1.3. ทำการเก็บตัวอย่างประมาณ 7 มิลลิลิตร ที่เวลาต่าง ๆ โดยที่เวลา 0 จะเก็บ น้ำตัวอย่างที่ยังไม่ได้ใส่เซลล์ลงไป นำตัวอย่างไปเหียงปั่นที่ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม(+6) ต่อไป ส่วนใสที่ได้ควรทำการวิเคราะห์ทันที หรือเก็บไว้ในตู้เย็น
- 4.2. การทดสอบเปรียบเทียบความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม (+6)
- 4.2.1. นำเชื้อยีสต์ที่ทดสอบตามข้อ 4.1 แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (+6) ได้ดีที่สุดมา 0.6 กรัม น้ำหนักแห้ง ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตรที่บรรจุสารละลายโครเมียม (+6) ที่มีความเข้มข้น 2.5, 5.0 และ 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 120 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางบนเครื่องเขย่า 180 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง
- 4.2.2. ทำการเก็บตัวอย่างประมาณ 7 มิลลิลิตรที่เวลาต่าง ๆ กันโดยที่เวลาที่ 0 จะเก็บตัวอย่างที่ยังไม่ได้ใส่เซลล์ นำตัวอย่างไปเหียงปั่นที่ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำส่วนใสไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (+6) ต่อไป
- 4.3 การทดลองเปรียบเทียบความเร็วรอบในการเขย่า
- 4.3.1. นำเชื้อยีสต์ที่ทดสอบตามข้อ 4.1 แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (+6) ได้ดีที่สุดมา 0.6 กรัม น้ำหนักแห้ง ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตรที่บรรจุสารละลายโครเมียม(+6)ที่มีความเข้มข้น ที่ดีที่สุดที่ทำให้เชื้อยีสต์ดูดซับในปริมาณที่มากที่สุดจาก 4.2 จำนวน 120 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางบนเครื่องเขย่า 140, 180 และ 220 รอบต่อ นาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
- 4.3.2. ทำการเก็บตัวอย่างประมาณ 7 มิลลิลิตร ที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยนำตัวอย่างไปเหียงปั่นที่ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำส่วนใสไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (+6) ต่อไป
- 4.4 การทดสอบเปรียบเทียบระดับพีเอชในสารละลายโครเมียม
- 4.4.1 นำเชื้อยีสต์ที่ทดสอบตามข้อ 4.1 แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม(+6) ได้ดีที่สุด มา 0.6 กรัม น้ำหนักแห้ง ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตรที่บรรจุสารละลายโครเมียม (+6) ที่มีความเข้มข้น

ตามผลการทดลองที่ได้จากข้อ 4.2 ภายหลังจากมีการปรับ พีเอช ของสารละลายโครเมียมโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอลและ สารละลาย กรดซัลฟิวริก เข้มข้น 2 นอร์มอล

4.4.2 นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบตามผลการทดลองที่ได้จากข้อ 4.3 ที่อุณหภูมิห้อง

4.4.3 ทำการเก็บตัวอย่างประมาณ 7 มิลลิลิตร ที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยนำตัวอย่างไปเหวี่ยงปั่นที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำส่วนใสไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (+6) ต่อไป

5. การวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (+6)

(สารเคมีและวิธีการเตรียมแสดงดังภาคผนวก ข)

5.1. การทำกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณของโครเมียม (+6) กับค่าการดูดกลืนแสง

5.1.1. ปิเปตต์สารละลายโครเมียมมาตรฐาน (ความเข้มข้นของโครเมียม(+6) 5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในปริมาตร 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลasks ขนาด 250 มิลลิลิตร

5.1.2. ปรับพีเอชให้เป็น 1 ± 0.3 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก 2 นอร์มอล แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ deionized ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นของโครเมียม (+6) เป็น 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

5.1.3. เติมสารละลาย diphenylcarbazide 2 มิลลิลิตร

5.1.4. ตั้งทิ้งไว้ 5-10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

5.1.5. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเขียนเป็นกราฟมาตรฐาน

หมายเหตุ ใช้น้ำกลั่นเป็นแบลนด์ แต่ถ้ากรณีที่สารละลายขุ่นหลังจากการปรับ ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรให้นำมาเป็นแบลนด์ก่อนจะเติมสารละลาย diphenylcarbazide

5.2. การวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (+6)

5.2.1. ปิเปตต์ตัวอย่างมาประมาณ 7 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงปั่นที่ 7,000 รอบ ต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

- 5.2.2. บีเปตต์ส่วนใสมา 5 มิลลิลิตรใส่ลงในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับพีเอชเป็น 1 ± 0.3 ด้วยกรดซัลฟิวริก 2.0 นอร์มอล ก่อนปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
- 5.2.3. เติมสารละลาย diphenylcarbazine 2 มิลลิลิตร
- 5.2.4. ตั้งทิ้งไว้ 5-10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร
- 5.3. นำค่าที่ได้ไปเทียบหาปริมาณโครเมียม(+6) โดยใช้กราฟมาตรฐานแล้วนำค่าโครเมียมที่ได้คูณด้วยค่าการเจือจาง (20 เท่า) จะได้ปริมาณโครเมียมที่แท้จริง
- 5.4. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ
โดยใช้วิธี สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์โดยใช้วิธีทดสอบแบบ
The Jonckheere - Terpstra test statistic



รูปที่ 5 แสดงเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* (ยีสต์ขนมปัง) ทั้ง 4 สายพันธุ์ สายพันธุ์ F,S,G,B ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

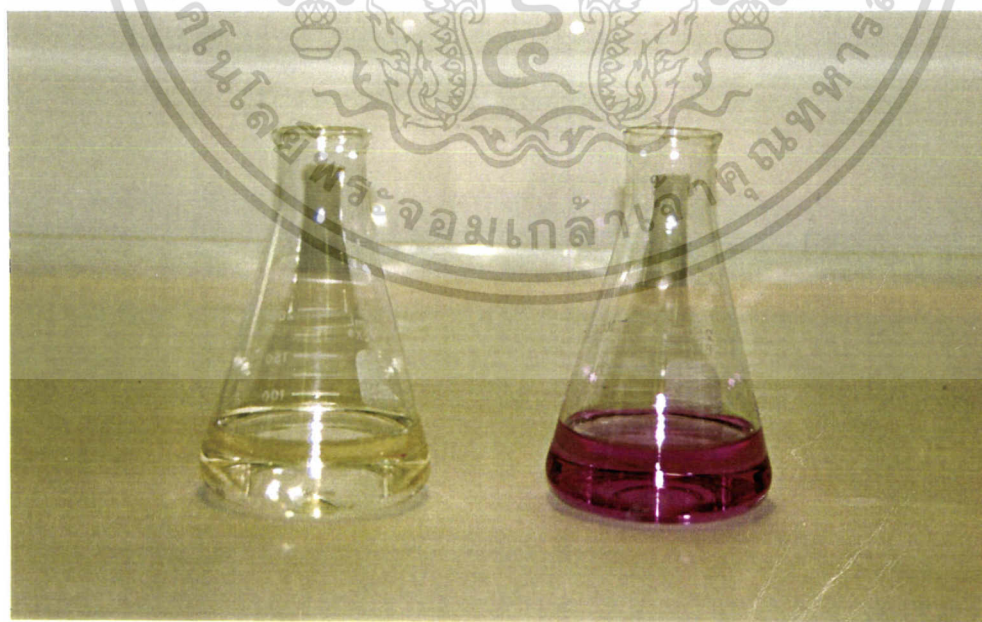


รูปที่ 6 แสดงเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* (ยีสต์ขนมปัง) แบบคริมยีสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 แสดงสารละลายโครเมียม (+6) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 2.5, 5.0 และ 7.5 mg/l ตามลำดับ

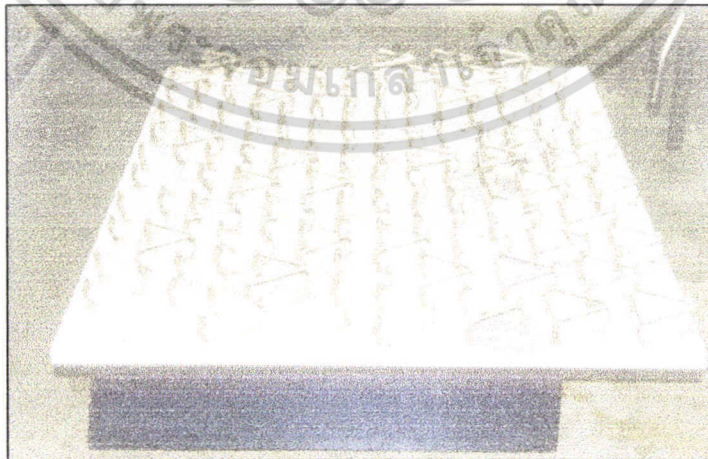


รูปที่ 8 แสดงสีสารละลายโครเมียม (+6) ก่อนและหลังหยดสารละลาย Diphenylcarbazide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

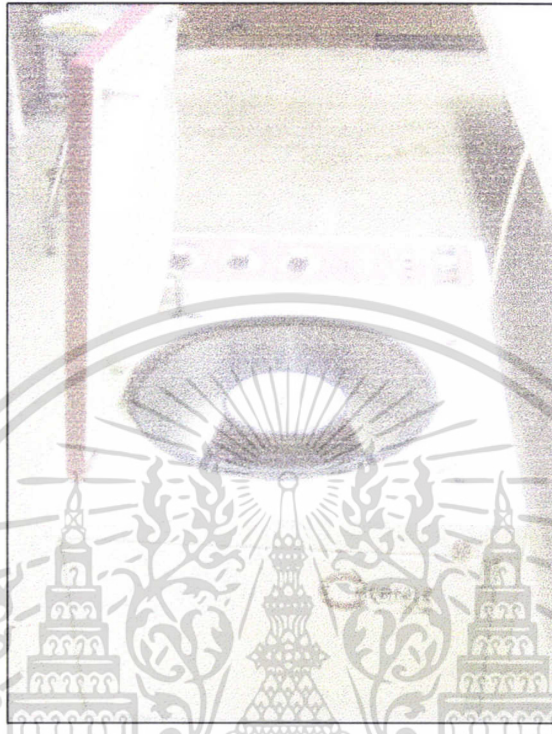


รูปที่ 9 เครื่องเขย่าสารละลายที่ปรับอุณหภูมิได้



รูปที่ 10 เครื่องเขย่าสารละลายแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

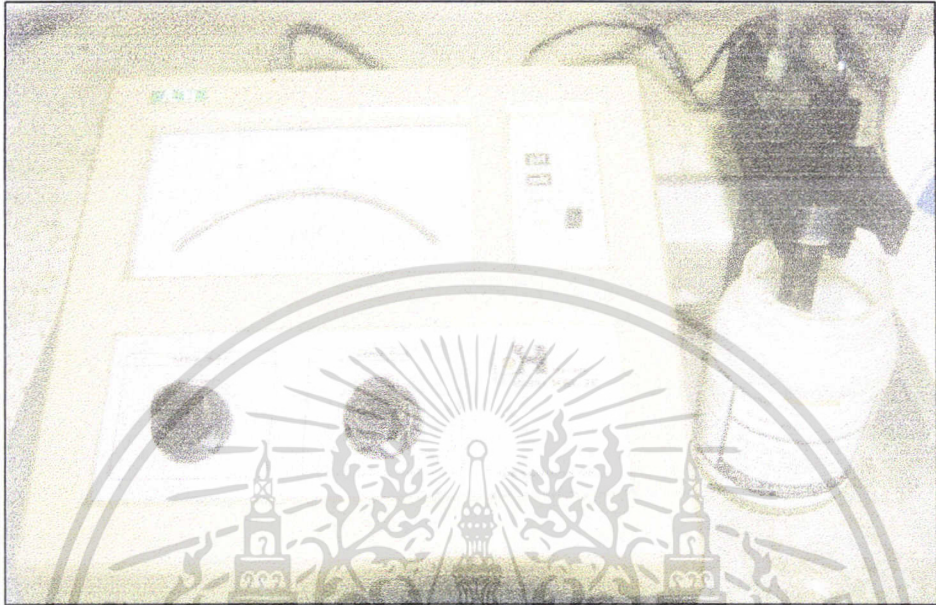


รูปที่ 11 เครื่องเหวี่ยงปั่น (centrifuge)



รูปที่ 12 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

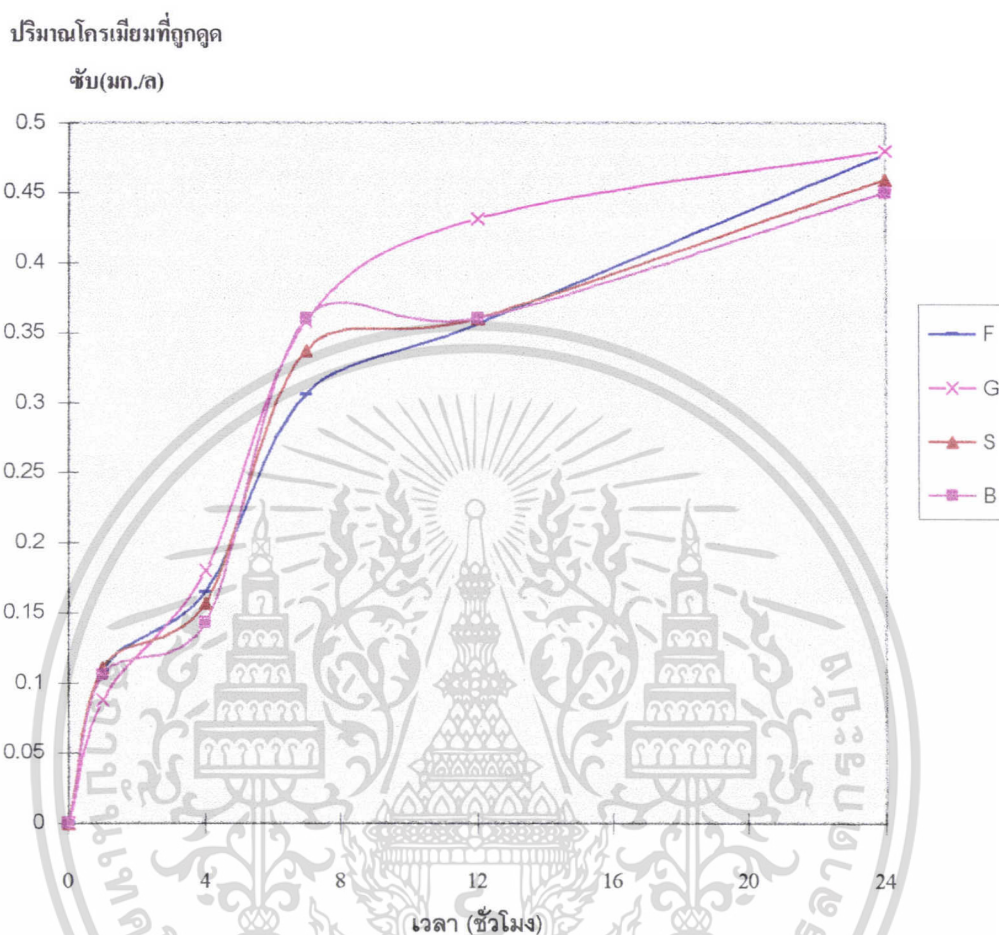
4.1) การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (+6) ของ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ต่างๆ คือ สายพันธุ์ F, S, B, G (ยีสต์ขนมปัง)

จากการทดลองในสารละลายโครเมียมซึ่งมีความเข้มข้นของโครเมียม (+6) 5 มิลลิกรัม ต่อลิตร แล้วเปรียบเทียบ ปริมาณโครเมียม (+6) เหลือที่ลดลงได้ผลดังตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับโดยยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม(+6) ที่ถูกดูดซับไป (มิลลิกรัมต่อลิตรในสารละลายโครเมียม)			
	สายพันธุ์ F	สายพันธุ์ G	สายพันธุ์ S	สายพันธุ์ B
1	0.109	0.088	0.111	0.106
4	0.165	0.180	0.157	0.143
7	0.356	0.358	0.337	0.360
12	0.356	0.431	0.360	0.360
24	0.477	0.480	0.457	0.450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 1 แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ดูดซับได้โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (ยีสต์ขนมปัง) สายพันธุ์ต่าง ๆ

จากผลการทดลองพบว่า เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G สามารถดูดซับโครเมียม (+6) ได้มากที่สุด ณ ชั่วโมงที่ 24 คือ 0.480 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า *S.cerevisiae* สายพันธุ์ G มีประสิทธิภาพสูงสุดในการดูดซับโครเมียม ณ ชั่วโมงที่ 24 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงน่าจะเชื่อ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง) มาทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2) การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม(+6) โดย *S.cerevisiae*

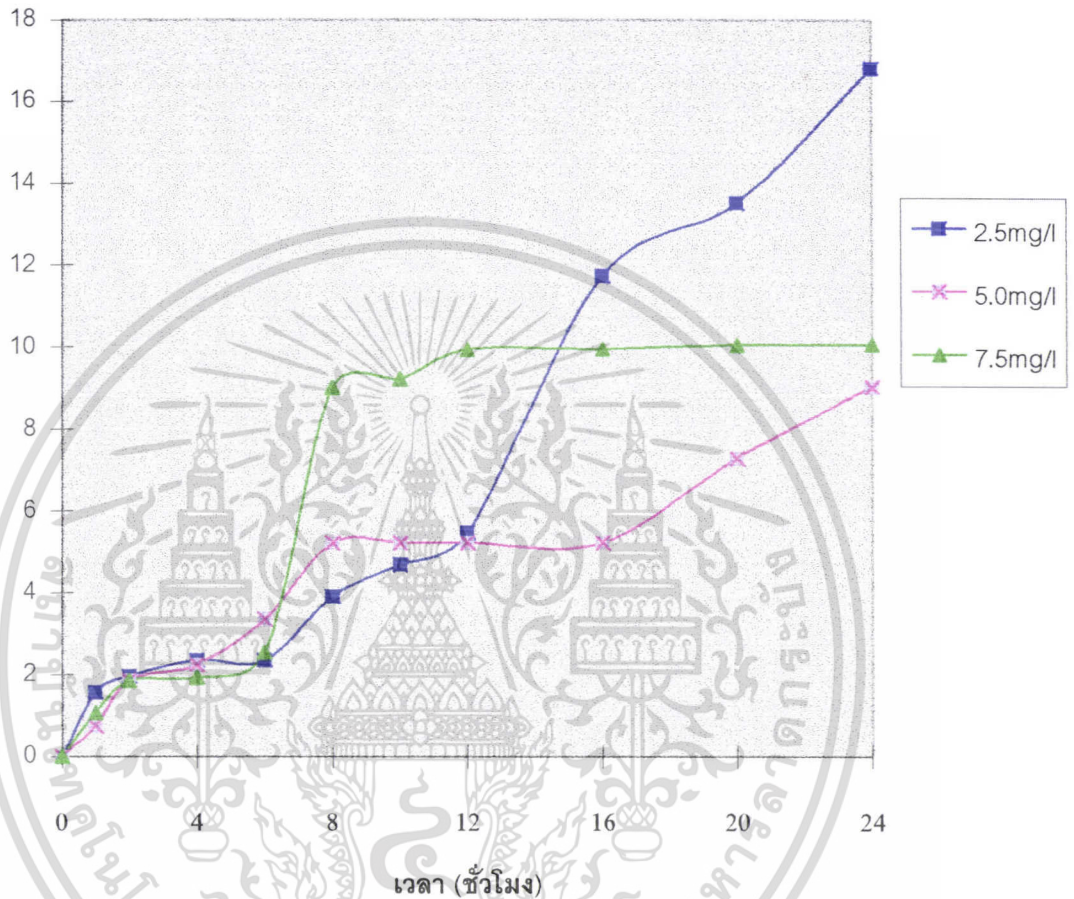
สายพันธุ์ G ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม (+6) คือ 2.5 ,5.0 ,และ 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่4.2 แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) สามารถดูดซับได้ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียมต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับไป (ร้อยละ)		
	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียม (มก./ล)		
	2.5	5.0	7.5
1	1.560	0.744	1.07
2	1.953	1.862	1.847
4	2.344	2.234	1.920
6	2.344	3.352	2.540
8	3.906	5.214	9.007
10	4.687	5.214	9.220
12	5.469	5.214	9.930
16	11.718	5.214	9.950
20	13.506	7.281	10.046
24	16.796	9.020	10.053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโครเมียมที่ถูก
ดูดซับ (ร้อยละ)



กราฟที่ 2 แสดงการดูดซับโครเมียม (+6) โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G) โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายโครเมียมต่างๆ

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 พบว่าที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียม (+6) เท่ากับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เชื้อยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G สามารถดูดซับโครเมียม (+6) ได้สูงสุด คือ ร้อยละ 16.796 ณ ชั่วโมงที่ 24 และจากการวิเคราะห์ทางด้านสถิติความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียม (+6) ที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุด ณ ชั่วโมงที่ 24 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังนั้นจึงนำสารละลายโครเมียมที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรมาทำการวิเคราะห์หีในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

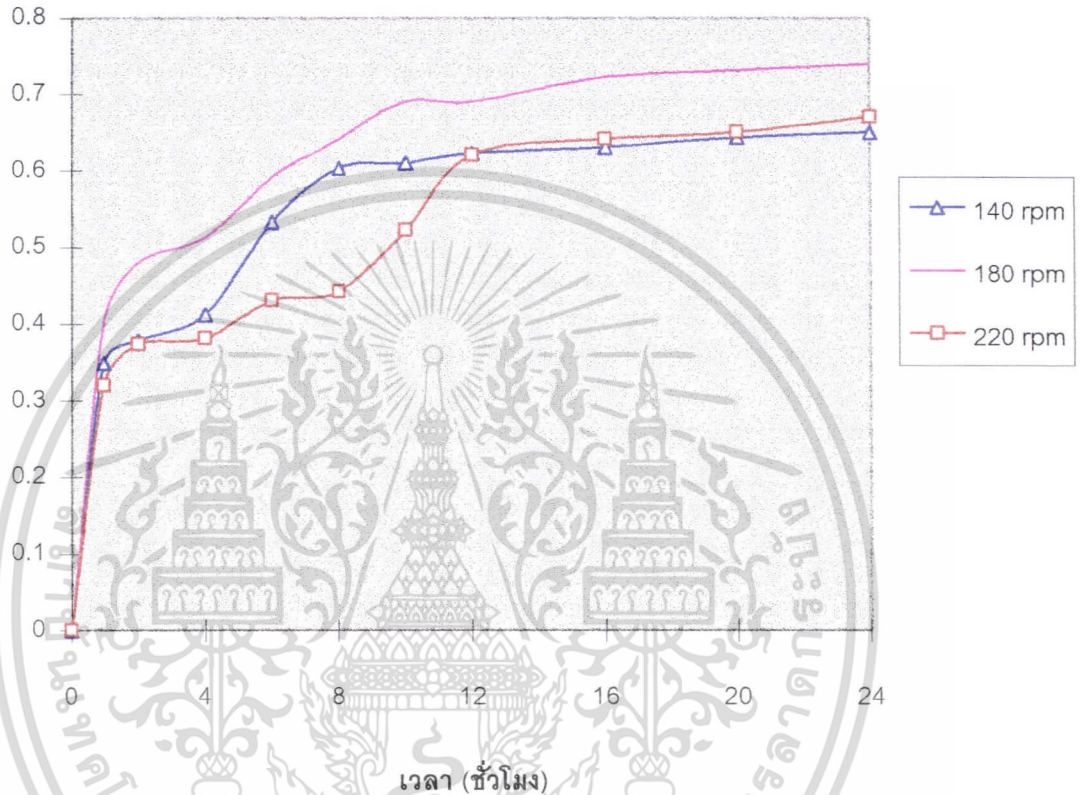
4.3) การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (+6) โดยยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อมีความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม เป็น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเร็วรอบในการเขย่า ที่ 140 ,180 , และ 220 รอบต่อนาที

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณโครเมียม(+6) ที่ถูกดูดซับได้โดย ยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G เมื่อมีความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเร็วรอบในการเขย่าต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับไป (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ความเร็วรอบในการเขย่า (รอบต่อนาที)		
	140	180	220
1	0.349	0.402	0.320
2	0.378	0.480	0.373
4	0.412	0.513	0.381
6	0.533	0.591	0.430
8	0.603	0.640	0.442
10	0.610	0.690	0.522
12	0.622	0.690	0.620
16	0.630	0.722	0.641
20	0.643	0.731	0.650
24	0.650	0.740	0.670

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโครเมียมที่ถูก
ดูดซับ (มก/ล)



กราฟที่ 3 แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับโดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G) เมื่อมีความเร็วรอบในการเขย่า 140 ,180 , และ 220 รอบต่อนาที

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 พบว่าความเร็วยรอบในการเขย่าที่ 180 รอบต่อนาที ทำให้เชื้อยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G สามารถดูดซับโครเมียม (+6) ได้ดีที่สุด โดยในชั่วโมงที่ 1 อัตราการดูดซับโครเมียม (+6) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับสูงสุดที่ ชั่วโมงที่ 24 คือ 0.74 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.4) การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม(+6) โดย *S. cerevisiae* สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) เมื่อมีความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเร็วรอบในการเขย่า 180 รอบต่อนาที สารละลายโครเมียมมีระดับ pH 4 , 5, 6 7 และ 8

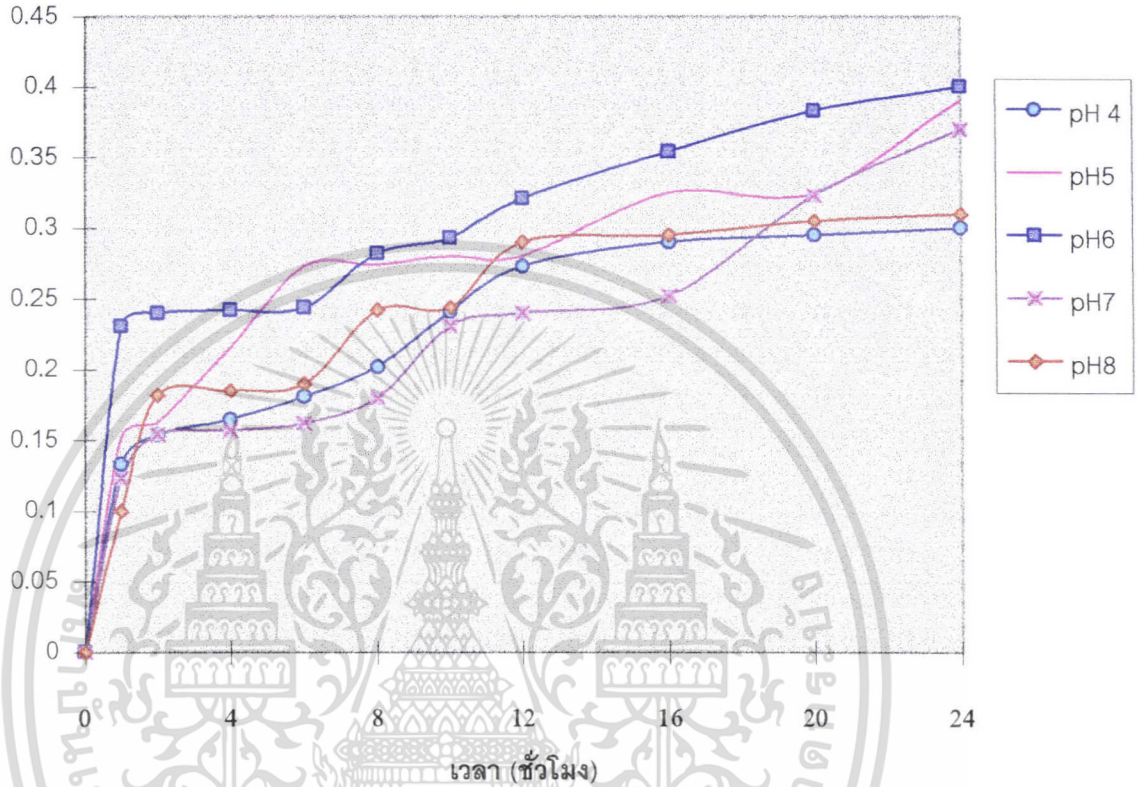
ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณโครเมียม(+6) ที่ถูกดูดซับโดย ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อมีความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเร็วรอบในการเขย่า 180รอบต่อนาที ที่ pH 4 ,5, 6, 7 และ 8

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับที่เวลาต่าง ๆ				
	pH4	pH5	pH6	pH7	pH8
1	0.133	0.152	0.231	0.123	0.100
2	0.154	0.163	0.240	0.154	0.182
4	0.165	0.216	0.242	0.157	0.185
6	0.181	0.273	0.244	0.162	0.190
8	0.202	0.274	0.282	0.180	0.242
10	0.241	0.280	0.293	0.231	0.244
12	0.273	0.280	0.321	0.240	0.290
16	0.290	0.325	0.354	0.252	0.295
20	0.295	0.325	0.383	0.323	0.305
24	0.300	0.390	0.400	0.370	0.310

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโครเมียมที่ถูกดูด

จับ (มก/ล)



กราฟที่ 4 แสดงการดูดซับโครเมียม (+6) โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) โดยเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายโครเมียม

จากตารางที่ 4.4 พบว่าที่ระดับ pH 6 มีผลต่อการดูดซับโครเมียม (+6) โดยยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 และจะมีค่าการดูดซับสูงขึ้นในชั่วโมงต่อมา ในขณะที่ pH 4, 5, 7, 8 มีผลต่อการดูดซับค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า pH ที่มีผลต่อการดูดซับโครเมียม (+6) โดยยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G คือ pH 6 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่ระดับ pH 6 มีผลต่อการดูดซับโครเมียม (+6) โดย *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม (+6) ในน้ำระหว่างเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ G ,S ,B และ F พบว่า *S.cerevisiae* สายพันธุ์ G (ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G) ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (+6) ในสารละลาย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ประมาณ 0.480 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเวลา 24 ชั่วโมง และเมื่อทำการทดลองขั้นต่อไปเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับโครเมียม(+6) พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (+6) เท่ากับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเร็วรอบในการเขย่า 180 รอบต่อนาที และ pH ของสารละลายโครเมียมเท่ากับ 6

จากการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำเซลล์ยีสต์มาใช้ในการกำจัดโครเมียม(+6) ในน้ำเสีย ถึงแม้ว่าการดูดซับจะเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย ปริมาณโครเมียมที่เหลืออยู่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมมาก ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้งได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และการดูดซับที่เกิดขึ้นค่อนข้างน้อยนี้อาจเป็นผลต่อเนื่องมาจากปัจจัยอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรศึกษาและปรับปรุงสายพันธุ์ ยีสต์ขนมปังสายพันธุ์ G หรือคัดเลือกจุลินทรีย์ชนิดอื่น ที่เหมาะสมในการดูดซับ เพื่อที่จะพัฒนาไปสู่การกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีทางชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

วรรณะ อาริสินพิทักษ์ ปัญหาสิ่งแวดล้อม; หน้า 27-29 ,ภาควิชาภาษาสังคม คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ ,2531

Volesky H.A May - Philips "Biosorption of heavy metal by *Saccharomyces cerevisiae*" Appli microbial Biotechnol 42 (1995) :797-806

Rapaport, A.I. and Muter, O.A. "Biosorption of hexavalent chromium by yeast"
Proc. Biochem. 30.(1995):145-149.

Hamilton, J.W. and Wetterhahn, K.E. Chromium, Handbook on toxicity of inorganic compound (Seiler, H.G. and Sigel, H. eds.) pp. 240-241, Macel Dekker Inc., U.S.A., 1988.

Sitting, M. Toxic metals pollution control and worker protection. pp. 97-98, 101-102, 116-124, Noyes Data Corporation, U.S.A., 1976.

Simmons, P and Singleton, I. "A method to increase silver biosorption by an industrial strain of *Saccharomyces cerevisiae* ". Appl. Microbial Biotechnol 45 (1996) pp. 278-285.

Rose. A.H. and Harrison J.S., Biology of yeasts , "The yeast " Vol.1 : 289-300 , Academic , London ,1987

Rose. A.H. and Harrison J.S., Yeasts organnells " The yeast " Vol.4 : 10-12 , Academic , London ,1987

ภาคผนวก ก

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Yeast malt extract agar (YMA)

สูตรอาหาร	กรัม/ลิตร
Peptone	5
Yeast extract	3
Malt extract	3
Glucose	10
Agar	15
ปรับพีเอช 6-7	

2. Yeast malt extract broth (YMB)

สูตรอาหาร	กรัม/ลิตร
Peptone	5
Yeast extract	3
Malt extract	3
Glucose	10
ปรับพีเอช 6-7	

ภาคผนวก ข

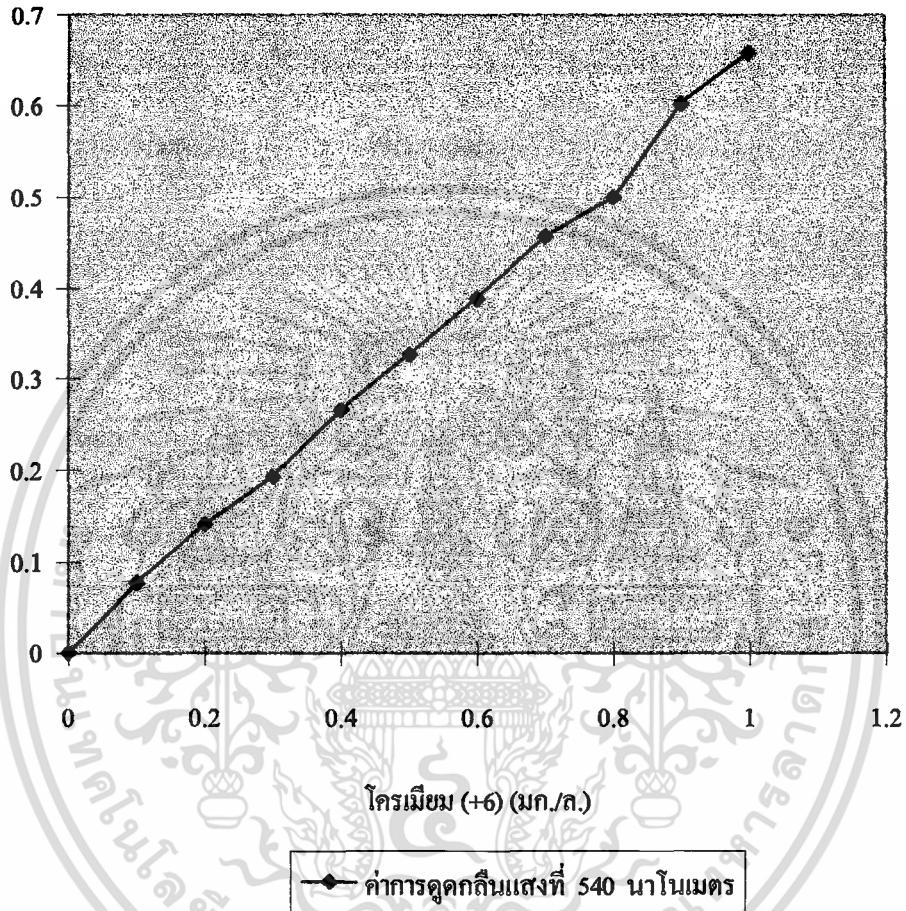
สารเคมีและวิธีการเตรียม

สารเคมีและวิธีการเตรียม สำหรับการวิเคราะห์โครเมียม (+6)

1. สารละลายสต็อกโครเมียม (ความเข้มข้นของโครเมียม (+6) = 500 มก./ล.)
-อบ $K_2Cr_2O_7$ 0.707 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตรเป็น 500 มล.
2. สารละลายมาตรฐานโครเมียม (ความเข้มข้นของโครเมียม (+6) = 5 มก./ล.)
-ปิเปตต์สารละลายสต็อกโครเมียม 2 มล. ปริมาตรเป็น 200 มล. ด้วยน้ำกลั่น
3. สารละลาย Diphenylcarbazide 0.250 กรัม ในอะซิโตน 50 มล. เก็บในขวดสีชา (ควรจะเตรียมตอนจะใช้)
4. สารละลายกรดซัลฟิวริก 2.0 นอร์มอล
5. สารละลาย ไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล
6. สารละลาย HNO_3 0.1 นอร์มอล

ภาคผนวก ค

ค่าการดูดกลืนแสง



กราฟที่ 5 กราฟมาตรฐานแสดงปริมาณโครเมียม (+6) กับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง

ตารางที่ ง 1 *S. cerevisiae* สายพันธุ์ F

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือในน้ำ (มก/ล)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	4.885	4.890	4.898	4.3891
4	4.830	4.849	4.826	4.835
7	4.705	4.600	4.627	4.644
12	4.645	4.642	4.644	4.644
24	4.500	4.549	4.520	4.523

ตารางที่ ง 2 *S.cerevisiae* สายพันธุ์ G

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือในน้ำ (มก/ล)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	4.896	4.910	4.930	4.912
4	4.811	4.854	4.795	4.820
7	4.666	4.640	4.620	4.642
12	4.561	4.558	4.588	4.569
24	4.519	4.520	4.522	4.520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 *S.cerevisiae* สายพันธุ์ S

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือในน้ำ (มก/ล)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	4.899	4.887	4.881	4.889
4	4.847	4.840	4.842	4.843
7	4.663	4.660	4.666	4.663
12	4.640	4.638	4.642	4.640
24	4.543	4.541	4.539	4.543

ตารางที่ 4 *S. cerevisiae* สายพันธุ์ B

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม(+6) ที่เหลือในน้ำ (มก/ล)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	4.890	4.905	4.887	4.894
4	4.847	4.857	4.867	4.857
7	4.632	4.645	4.643	4.640
12	4.640	4.639	4.641	4.640
24	4.557	4.551	4.542	4.550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 5 แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากดูดซับโดยยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

เวลา (ชม)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	2.461	2.441	2.481	2.461
2	2.421	2.481	2.451	2.451
4	2.481	2.402	2.440	2.441
6	2.440	2.401	2.482	2.441
8	2.403	2.402	2.403	2.402
10	2.384	2.344	2.423	2.383
12	2.363	2.382	2.343	2.363
16	2.204	2.184	2.223	2.204
20	2.159	2.161	2.163	2.161
24	2.079	2.080	2.082	2.080

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 6 แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลืออยู่จากการดูดซับโดยเยื่อสเต็มปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)เป็น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

เวลา (ชม)	ปริมาณโครเมียม (+6)ที่เหลือ(มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	4.971	4.950	4.962	4.961
2	4.930	4.872	4.903	4.902
4	4.833	4.934	4.885	4.885
6	4.812	4.830	4.834	4.832
8	4.739	4.740	4.742	4.740
10	4.740	4.739	4.742	4.740
12	4.740	4.742	4.379	4.740
16	4.742	4.740	4.379	4.740
20	4.635	4.636	4.634	4.635
24	4.550	4.549	4.548	4.549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 7 แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือหลังจากการดูดซับโดย ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม (+6) เป็น 7.5 มิลลิกรัม ต่อลิตร

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	7.380	7.430	7.450	7.420
2	7.481	7.320	7.280	7.361
4	7.355	7.356	7.357	7.356
6	7.309	7.308	7.310	7.309
8	7.001	6.892	6.570	6.821
10	6.807	6.809	6.808	6.808
12	6.750	6.701	6.831	6.760
16	6.751	7.703	6.790	7.750
20	6.746	6.747	6.749	6.747
24	6.745	6.747	6.746	6.746

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่เหลือหลังจากการดูดซับโดยเยื่อสเต็มปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม (+6) 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 140 รอบต่อนาที

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม(+6) ที่เหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	2.131	2.181	2.141	2.151
2	2.142	2.101	2.122	2.122
4	2.089	2.088	2.087	2.088
6	1.967	1.966	1.968	1.967
8	1.896	1.987	1.899	1.897
10	1.910	1.860	1.910	1.890
12	1.878	1.879	1.877	1.878
16	1.869	1.870	1.872	1.870
20	1.857	1.856	1.858	1.857
24	1.849	1.850	1.852	1.850

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือหลังจากการดูดซับโดย ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นโครเมียม (+6) เริ่มต้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	2.098	2.096	2.099	2.098
2	1.980	2.030	2.050	2.020
4	1.987	1.986	1.988	1.987
6	1.909	1.908	1.910	1.909
8	1.840	1.890	1.840	1.860
10	1.800	1.810	1.830	1.810
12	1.809	1.812	1.810	1.810
16	1.777	1.778	1.779	1.778
20	1.768	1.770	1.769	1.769
24	1.780	1.750	1.750	1.760

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง 10 แสดงปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือหลังจากดูดซับโดย ยีสต์ขนมปัง สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นโครเมียม (+6) เริ่มต้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	2.230	2.140	2.180	2.180
2	2.126	2.127	2.129	2.127
4	2.118	2.120	2.119	2.119
6	2.072	2.068	2.072	2.070
8	2.058	2.056	2.060	2.058
10	1.978	1.977	1.979	1.978
12	1.880	1.878	1.882	1.880
16	1.859	1.858	1.860	1.859
20	1.850	1.840	1.860	1.850
24	1.790	1.830	1.860	1.830

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณโครเมียม(+6) ที่เหลือหลังจากการดูดซับโดยเยื่อขมปัง
สายพันธุ์ G เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6) 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
ที่ 180 รอบต่อนาที ที่ pH 4 5 6 7 และ 8 โดยแสดงเฉพาะค่าเฉลี่ยที่ได้จาก
ที่เวลาต่างๆ

เวลา (ชม.) pH	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่เหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	4	5	6	7	8
1	2.367	2.348	2.269	2.377	2.400
2	2.346	2.337	2.260	2.346	2.318
4	2.325	2.284	2.258	2.343	2.315
6	2.319	2.227	2.256	2.338	2.310
8	2.298	2.226	2.218	2.310	2.258
10	2.259	2.220	2.207	2.269	2.256
12	2.227	2.220	2.179	2.260	2.210
16	2.210	2.175	2.146	2.248	2.205
20	2.205	2.175	2.117	2.177	2.195
24	2.200	2.110	2.100	2.130	2.190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1) แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของความสามารถในการดูดซับโครเมียม(+6)ของยีสต์ 4 สายพันธุ์

ตารางที่ จ1 แสดงปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับได้เฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์

Replication	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> แต่ละสายพันธุ์			
	B	S	F	G
1	0.286	0.282	0.287	0.309
2	0.280	0.287	0.294	0.304
3	0.287	0.286	0.297	0.309

H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับโดยยีสต์แต่ละสายพันธุ์เท่ากัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับโดยยีสต์แต่ละสายพันธุ์เรียงจากมากไปน้อย $G > F > S > B$

$$J_{BS} = 1.5 + 3 + 0.5 = 5$$

$$J_{BF} = 3 + 3 + 2.5 = 8.5$$

$$J_{BG} = 3 + 3 + 3 = 9$$

$$J_{SF} = 3 + 2.5 + 3 = 8.5$$

$$J_{SG} = 3 + 3 + 3 = 9$$

$$J_{FG} = 3 + 3 + 2 = 8$$

$$\text{ดังนั้น } J_{\text{calculate}} = 48$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดสินใจ จากตารางค่าวิกฤต J ที่ $K = 4$ ขนาดตัวอย่าง = 3,3,3 ที่ค่า $\alpha = 0.05$ ค่า J ที่ได้จากรายการ = 40 ดังนั้นค่า $J_{\text{CALCULATE}}$ มากกว่าหรือเท่ากับค่า J จากรายการ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1

สรุป ประสิทธิภาพของการดูดซับโครเมียมโดยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่างๆเรียงจากประสิทธิภาพมากที่สุดไปน้อย พบว่าเชื้อ G มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ เชื้อ F S และ B ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม(+6)

ตารางที่ จ2 แสดงร้อยละของโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับไปที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียมต่างๆ

Replication	ปริมาณโครเมียม (+6) ที่ดูดซับไป (ร้อยละ)		
	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียม(+6) (มก./ล)		
	5.0	7.5	2.5
1	4.616	6.130	6.257
2	4.536	6.575	6.732
3	4.544	6.587	6.360

H_0 : ร้อยละของโครเมียมที่ถูกดูดซับไปต่อ 1 มิลลิกรัมของความเข้มข้นต่างๆเท่ากัน

H_1 : ร้อยละของโครเมียมที่ถูกดูดซับไปต่อ 1 มิลลิกรัมของความเข้มข้นต่างๆ
เรียงจากมากไปน้อยคือ 2.5 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร \geq 7.5 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
 \geq 5.0 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

$$J_{5.0 \ 7.5} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{5.0 \ 2.5} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{7.5 \ 2.5} = 3+1+1 = 5$$

$$\text{ดังนั้น } J_{\text{CALAULATE}} = 23$$

การตัดสินใจ จากตารางค่าวิกฤต J ที่ $K=3$ ขนาดตัวอย่าง = 3,3,3 ที่ค่า $\alpha = 0.05$ ค่า J ที่ได้จากตาราง = 21 ดังนั้น ค่า $J_{\text{CALAULATE}} \geq$ ค่า J จากตาราง ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุป ความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สมควรนำมาใช้ดูดซับโครเมียม(+6) โดยเชื้อ G คือ 2.5 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร รองลงไปคือ 7.5 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร และ 5.0 มิลลิกรัม ต่อ ลิตรที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วรอบในการเขย่า

ตารางที่ ๑3 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วรอบในการเขย่า ที่ 140 , 180 และ 220 รอบต่อนาที

Replication 1	ความเร็วรอบในการเขย่า (รอบต่อนาที)		
	220	140	180
1	0.504	0.541	0.625
2	0.510	0.545	0.617
3	0.499	0.541	0.618

H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับไปที่ความเร็วรอบต่าง ๆ มีค่าเท่ากัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียม(+6)ที่ถูกดูดซับไปที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

เรียงจากมากไปน้อย คือ $180 \text{ rpm} \geq 140 \text{ rpm} \geq 220 \text{ rpm}$

$$J_{220 \ 140} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{220 \ 180} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{140 \ 180} = 3+3+3 = 9$$

$$\text{ดังนั้น } J_{\text{CALCULATE}} = 27$$

การตัดสินใจ จากตารางหาค่าวิกฤต J ที่ $K=3$ ขนาดตัวอย่าง 3,3,3 ที่ $\alpha = 0.05$ ค่า J ที่ได้
จากตาราง = 22 ดังนั้น ค่า $J_{\text{CALCULATE}} \geq$ ค่า J จากตาราง ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมุติฐาน H_0
และยอมรับ สมมุติ H_1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุป ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 180 rpm มีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม(+6)
โดยเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือความเร็วรอบที่ 140 rpm และ 220 rpm ที่ระดับความเชื่อมั่นที่
95 %

4) แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของ pH เริ่มต้นของสารละลายโครเมียม (+6)

ตาราง ๑4 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซับโครเมียม (+6) ที่ pH ต่าง ๆ ของสารละลายโครเมียม

Replication	pH เริ่มต้นของสารละลายโครเมียม (+6)				
	pH 4	pH 8	pH 7	pH 5	pH 6
1	0.222	0.229	0.217	0.261	0.295
2	0.217	0.231	0.217	0.264	0.297
3	0.251	0.234	0.224	0.279	0.305

H_0 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับ ที่ระดับ pH 6 , pH 5 , pH 7, pH 4 , pH 8 เท่ากัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียม (+6) ที่ถูกดูดซับไปเรียงจากมากไปน้อย คือ pH 6 \geq pH 5 \geq , pH 7 \geq , pH 8 \geq , pH 4

$$J_{pH 4 8} = 3+3+0 = 6$$

$$J_{pH 4 7} = 1+2+0 = 3$$

$$J_{pH 4 5} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{pH 4 6} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{pH 8 7} = 0+0+0 = 0$$

$$J_{pH 8 5} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{pH 8 6} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{pH 7 5} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{pH 7 6} = 3+3+3 = 9$$

$$J_{pH 5 6} = 3+3+3 = 9$$

$$\text{ดังนั้น } J_{\text{CALLULATE}} = 72$$

การตัดสินใจ จากตารางค่าวิกฤต J ที่ $K = 5$ ขนาดตัวอย่าง = 3,3,3 ที่ค่า $\alpha = 0.05$

ค่า J ที่ได้จากตาราง เท่ากับ 62 ดังนั้นค่า $J_{\text{CALLULATE}} \geq$ ค่า J จากตาราง ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และยอมรับสมมุติฐาน H_1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุป ค่า pH เริ่มต้นของสารละลายที่เหมาะสมกับการดูดซับ คือ pH 6 \geq 5 \geq 7 \geq 8 \geq 4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้