

การสกัดโครเมียมจากเศษหนังฟอก

SEPARATION OF CHROMIUM FROM LEATHER WASTE



T119203

นางสาวจรัส

จักขุนิมิตร

นางสาวณัฐิกาญจน์

จิตรอักษร

นางสาวณิชานัฐ

นิลเนตร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119203**
วัน,เดือน,ปี...-6 S.A. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEPARATION OF CHROMIUM FROM LEATHER WASTE

CHARUPHAT JAKSUNIMITR

NATTIKARN JITUKSORN

NICHANUT NILNATE

THIS PROJECT REPORT IS SUBMITTED IN PARTIAL FUFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADAMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การสกัดโครเมียมจากเศษหนังฟอก
โดย นางสาวจรรักษ์ จักขุนนิมิตร
นางสาวณัฐิกาญจน์ จิตรอักษร
นางสาวณิชานัฐ นิลเนตร
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ประกอบ กิจไชยา
ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ.ดร. ประกอบ กิจไชยา)

.....กรรมการ

(ผศ.รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ

(ดร.พรสวรรค์ อัสวแสงรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การสกัดโครเมียมจากเศษหนังฟอก

โดย นางสาวจรรุภัต จักขุนนิมิตร

นางสาวณัฐฎิกาญจน์ จิตรอักษร

นางสาวณิชานัฐ นิลเนตร

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2553

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ประกอบ กิจไชยา

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาการสกัดโครเมียมจากเศษหนังฟอก เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการบำบัดของเสียและเป็นการนำสิ่งที่ไม่มีความเพิ่มมูลค่าแล้วนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ pH อุณหภูมิ ระยะเวลาในการย่อยหนัง ชนิดของสารเคมีและความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการย่อยหนัง โดยควบคุมให้มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยหนังคือ CaO 3% เนื่องจากสามารถให้ปริมาณโปรตีนออกมามากที่สุด จากนั้นนำส่วนที่เหลือจากการย่อยซึ่งมีลักษณะเป็นเลนมาทำการย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ผสมกรดอะซีติก เพื่อกำจัดแคลเซียมออก หลังจากนั้นนำเลนที่สกัดแคลเซียมแล้วมาสกัดโครเมียมด้วยสารละลายโซเดียมอะซีเตต หรือ โซเดียมออกซาลेट ซึ่งจากการทดลองพบว่าสารละลายโซเดียมอะซีเตตสามารถสกัดโครเมียมออกมาได้ปริมาณมากกว่าโซเดียมออกซาลेट

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title Separation of Chromium from Leather Waste

By Miss. Charuphat Jaksunimitr

 Miss. Nattikarn Jittuksorn

 Miss. Nichanut Nilnate

Advisor Assoc. Prof. Dr. Prakob Kitchaiya

Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering

 Department of Chemical Engineering

 Faculty of Engineering

 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project is a study about separation Chromium from leather waste to be a choice of treatment and make these wastes more valuable. The examples of variable in this experiment are pH, Temperature, Duration time in separating the leather, Type of chemical and Concentration of chemical in separating the leather by controlling the temperature at 70 °C in 12 hour duration time. After undergone through experiment, we found out that chemical which best match in separating leather is the CaO 3% because it can best estimated out protein and it also brings the remaining part from separating which we call now as "Chrome Sludge" to separate by Sodium Chloride mix with Acetic Acid to destroy Calcium out. After that we bring the Chrome Sludge that has been extracted Calcium be extracted with Sodium Acetate or Sodium Oxalate which in the study we found that Sodium Acetate can extract estimated Chromium out more than of that Sodium Oxalate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน และคณะผู้ศึกษาต้องขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในงานวิจัยและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ คณะผู้ศึกษาผู้ศึกษาซึ่งในความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณคุณอาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเจ้าหน้าที่ทุกๆท่านที่ให้คำแนะนำต่างๆและอนุเคราะห์อุปการณ์ในการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและให้กำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้ศึกษาขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยและพร้อมน้อมรับ ณ ที่นี้

จารุภัศ จักขุนิมิตร

ณัฐธิกาญจน์ จิตรอักษร

ณิชานันท์ นิลเนตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
สัญลักษณ์.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 กระบวนการผลิตหนังฟอก.....	3
2.2 โครเมียม (Chromium).....	4
2.3 เหลาตินและคอลลอยเจน.....	6
2.4 เรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin)	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5 การไทเทรต.....	8
2.5.1 การไทเทรตที่เกี่ยวข้องกับไอโอดีน (Iodometric titration).....	8
2.5.2 การไทเทรตหาปริมาณโครเมียมจากวิธีการ Iodometry.....	10
2.5.3 การไทเทรตหาปริมาณแคลเซียม.....	10
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	13
3.1 การทดลองที่ 1 การย่อยเศษแห้ง.....	13
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....	13
3.1.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	13
3.2 การทดลองที่ 2 การแยกโครเมียมออกจากเลน.....	15
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....	15
3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	16
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	20
4.1 ผลการทดลองที่ 1 การย่อยเศษแห้ง.....	20
4.1.1 ขั้นตอนที่ 1 วัดความชื้นในเศษแห้งฟอก.....	20
4.1.2 ขั้นตอนที่ 2 ทำการย่อยแห้ง.....	20
4.1.3 ขั้นตอนที่ 3 การหาค่าการดูดกลืนแสง.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

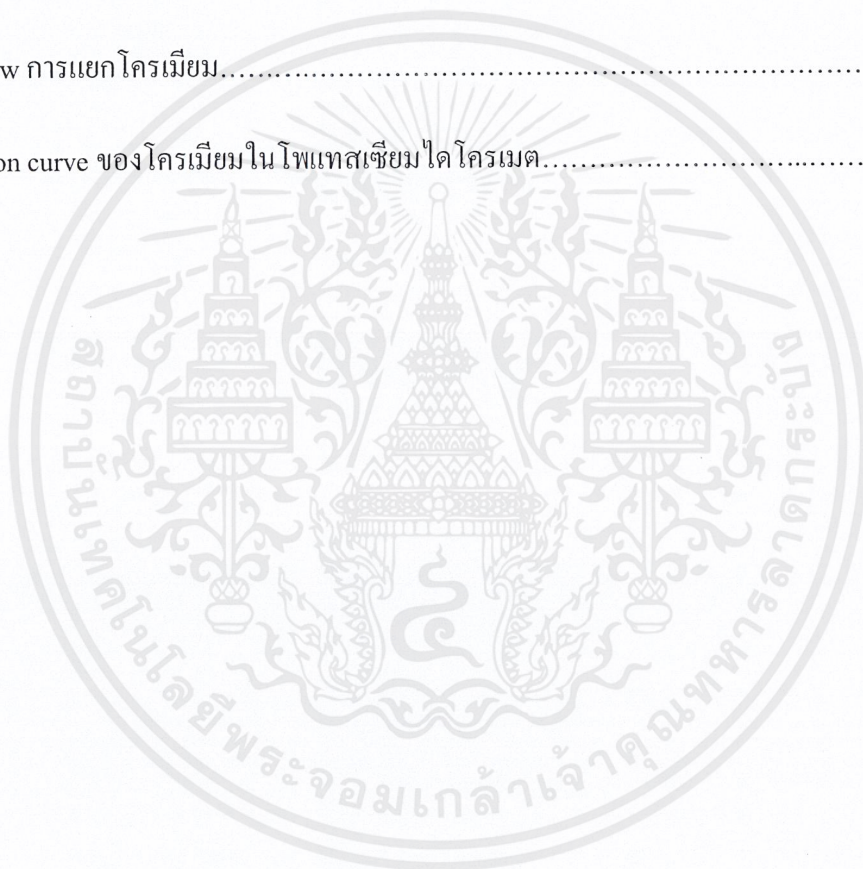
สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการทดลองที่ 2 การแยกโครเมียมออกจากเลน.....	25
4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 การทดลองเพื่อหาปริมาณโครเมียมเริ่มต้น.....	25
4.2.2 ขั้นตอนที่ 2 การทดลองเพื่อแยกโครเมียมออกจากเลน.....	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	34
เอกสารอ้างอิง.....	35
ภาคผนวก ก ตารางแสดงลักษณะของเศษหนังหลังการย่อย.....	39
ภาคผนวก ข ตารางแสดงค่าการละลายของสารเคมี.....	44
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ.....	45

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ปฏิกริยาระหว่างโครเมียมกับหนังฟอก.....	5
รูปที่ 2.2 ปฏิกริยาการแยกโครเมียมออกจากหนังฟอก.....	5
รูปที่ 3.1 Block flow การแยกโปรตีน.....	15
รูปที่ 3.2 Block flow การแยกโครเมียม.....	19
รูปที่ 4.1 Calibration curve ของโครเมียมในโพแทสเซียมไดโครเมต.....	22



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1	น้ำหนักแห้งฟอกก่อนอบและหลังอบ.....	20
ตารางที่ 4.2	ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยหนังโดยใช้ MgO.....	21
ตารางที่ 4.3	ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยหนังโดยใช้ MgO.....	21
ตารางที่ 4.4	ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยหนังโดยใช้ NaOH.....	22
ตารางที่ 4.5	ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยหนังโดยใช้ CaO.....	22
ตารางที่ 4.6	ค่าการดูดกลืนแสงของโครเมียมในโพแทสเซียมไดโครเมต.....	23
ตารางที่ 4.7	ค่าการดูดกลืนแสงของสารต่างๆ.....	24
ตารางที่ 4.8	หาปริมาณโครเมียมในหนังที่อบแห้ง.....	25
ตารางที่ 4.9	การทดลองไฮโครไลซ์ด้วยกรดครั้งที่ 1.....	26
ตารางที่ 4.10	การทดลองไฮโครไลซ์ด้วยกรดครั้งที่ 2.....	26
ตารางที่ 4.11	การไทเทรตหาปริมาณโครเมียมในเลนที่สกัดด้วยโซเดียมอะซิเตตและโซเดียมออกซาเลต.....	27
ตารางที่ 4.12	วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม.....	28
ตารางที่ 4.13	การหาปริมาณโครเมียมในสารละลายครั้งที่ 1.....	28
ตารางที่ 4.14	การหาปริมาณโครเมียมในสารละลายครั้งที่ 2.....	29
ตารางที่ 4.15	การละลายโครเมียมด้วย chelating agent ส่วนตะกอนสกัดครั้งที่ 1 ไทเทรตครั้งที่ 1.....	30
ตารางที่ 4.16	การละลายโครเมียมด้วย chelating agent ส่วนตะกอนสกัดครั้งที่ 1 ไทเทรตครั้งที่ 2.....	31
ตารางที่ 4.17	การละลายโครเมียมด้วย chelating agent ส่วนตะกอนสกัดครั้งที่ 2.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.18 การไฮโดรไลซิสตะกอนเพื่อหาปริมาณ โครเมียมในตะกอนที่เหลืออยู่.....	33
ตารางที่ ก.1 ลักษณะเศษแห้งหลังการย่อย.....	39
ตารางที่ ข.1 ค่าการละลายของสารเคมี.....	44
ตารางที่ ค.1 น้ำหนักเลนก่อนและหลังอบ.....	45



คำอธิบายสัญลักษณ์

MW	มวลโมเลกุล
M	ความเข้มข้น หน่วยโมลต่อลิตร (molarity)
V	ปริมาตร
K_{sp}	ค่าการละลาย
T	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ [1]

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหนังสือตัวต่างๆ เช่น กระเป๋านั่ง รองเท้าหนัง ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ล้วนมีจุดเริ่มต้นจากอุตสาหกรรมฟอกหนัง โดยมีวัตถุดิบหลักคือ หนังสือตัวต่างๆ เช่น โค กระบือ กระเบน จระเข้ เป็นต้น มีทั้งหนังสือตัวจากภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น อเมริกา เยอรมัน จีน เวียดนาม ซึ่งอุตสาหกรรมฟอกหนังนี้ได้ก่อให้เกิดของเสียขึ้นเป็นจำนวนมากจากทุกๆ ขั้นตอนของกระบวนการฟอกหนัง

ทางโรงงานฟอกหนังได้มีวิธีการบำบัดของเสียด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อลดมลพิษที่เกิดขึ้น ปัญหานี้ได้มีมาเป็นเวลากว่าหลายสิบปีแล้วนับตั้งแต่มีการก่อตั้งโรงงานฟอกหนังขึ้นครั้งแรกเมื่อ 60 ปีที่แล้ว (ผู้ก่อตั้งโรงงานฟอกหนังแห่งแรกของประเทศไทยคือ เจ้าบุญวาทย์วงศ์มานิต)

วิธีการที่ใช้ในการกำจัดของเสียเช่น เศษหนังฟอก คือ การฝังกลบ โดยในปัจจุบันได้เหลือพื้นที่ในการฝังกลบน้อยลงจึงทำให้วิธีการฝังกลบมีราคาสูงขึ้นกว่าในอดีตมาก จึงได้มีการคิดค้นวิธีเพื่อนำเศษหนังฟอกเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ได้ โดยจะนำเศษหนังฟอกมาทำการสกัดเพื่อแยก โครเมียมและสิ่งที่มีมูลค่าออกมา เช่น เจลาติน คอลลาเจน

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

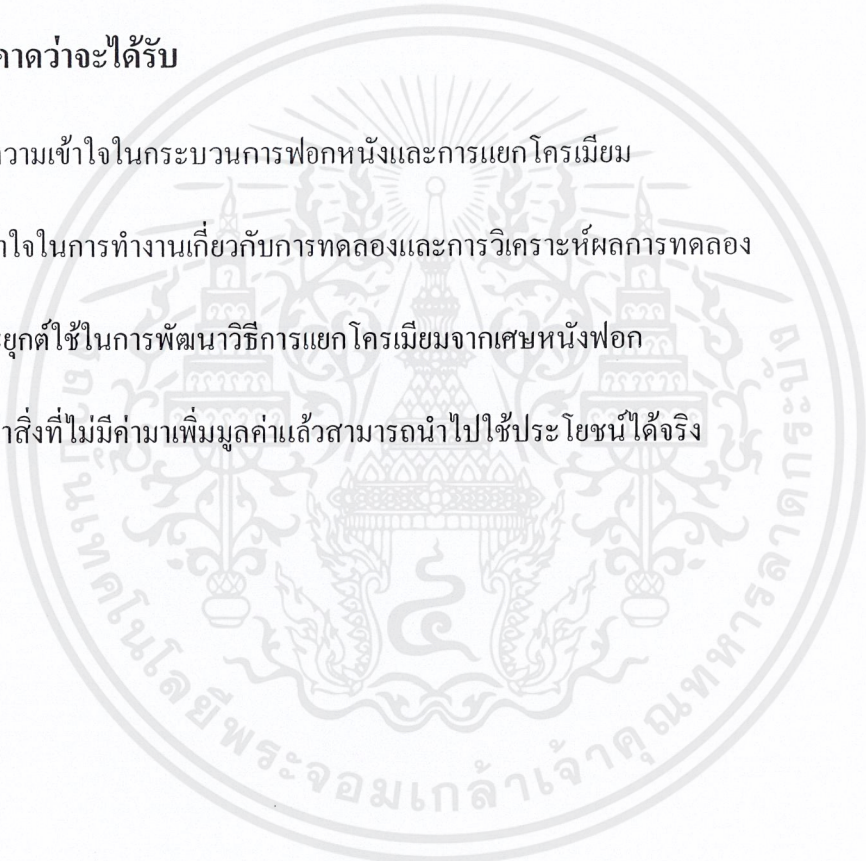
1. ศึกษาสภาวะที่ใช้ในการสกัดโครเมียมจากเศษหนังฟอก
2. ศึกษาการแยกองค์ประกอบต่างๆ ออกจากเศษหนังฟอก
3. เพื่อทำการเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการแยกโครเมียมออกจากเศษหนังฟอก

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

1. ศึกษากระบวนการฟอกหนัง
2. ศึกษาวิธีการที่ใช้ในการสกัด โครเมียม
3. ทำการทดลองเพื่อดูปริมาณองค์ประกอบที่แยกได้
4. สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์สภาวะที่ใช้ในการสกัด โครเมียม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการฟอกหนังและการแยก โครเมียม
2. มีความเข้าใจในการทำงานเกี่ยวกับการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง
3. นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาวิธีการแยก โครเมียมจากเศษหนังฟอก
4. เป็นการนำสิ่งที่ไม่มีความเพิ่มมูลค่าแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 กระบวนการผลิตหนังฟอก [24]

กระบวนการผลิตหนังฟอกสำเร็จ (Finished Leather) ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การเตรียมหนังก่อนฟอก การฟอก และการตกแต่ง

1. การเตรียมหนังก่อนฟอก (Beamhouse process)

เริ่มจากการเตรียมหนังดิบ (Raw hides and skin) ให้พร้อมที่จะฟอก โดยเริ่มจากการล้าง (Washing) การคัดแยกและตัดแต่งหนังเต็ม (Sorting and Trimming) หรือเป็นการกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการจากขั้นตอนนี้จะได้เศษหนัง จากนั้นจะนำหนังที่ได้มาล้างและแช่น้ำให้คืนตัว (Washing and Soaking) และแช่น้ำปูน (Liming) ต่อจากนั้นจะนำหนังมาล้างน้ำปูน (Deliming) และบ่มหนัง (Bating) เพื่อให้หนังนุ่มและหดตัว

2. การฟอก (Tanning process)

การฟอกหนังเป็นการเปลี่ยนสภาพหนังดิบ (Raw hides and skin) ซึ่งเน่าเปื่อยได้ให้เป็นหนังที่คงตัวกว่า ไม่เน่าเปื่อย ทนต่อสภาพอากาศและน้ำร้อน ทำได้โดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ฝาด โครเมียมหรือสารเคมีอื่นๆไปทำปฏิกิริยากับ โปรตีน(คอลลาเจน) ในหนัง วิธีการฟอกหนังที่ใช้กันอยู่มี 2 วิธี

2.1 การฟอกโครม(Chrome Tanning) การฟอกประเภทนี้เป็นที่นิยมกว่า เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาด ใช้เวลาสั้น สารเคมีราคาถูก หนังที่ฟอกแล้วทนต่อความร้อนและความชื้นได้ดี โดยจะใส่สารเคมีจำพวกโครม (Chrome) ซึ่งเป็นพวกเกลือของโครเมียม เช่น โครมิก (Chromic) เป็นตัวฟอก ซึ่งจะทำให้หนังมีสภาพเป็นไฟเบอร์ (Fiber) เมื่อนำไปตากแห้งแล้วจะแข็งมีสีเขียว โดยทั่วไปแล้วประมาณร้อยละ 70 ของโครเมียมที่เติมลงไปจะทำ ปฏิกิริยากับหนัง ที่เหลืออีกร้อยละ 30 จะถูกปล่อยทิ้งไปกับน้ำเสีย การตรึงโครมให้อยู่กับหนังสามารถเพิ่มขึ้นได้ด้วยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง(PH) ดังนั้นระหว่างการฟอกโครมจึงต้องมีการเติมแอมโมเนียมออกไซด์ลงไปทีละน้อยอย่างช้าๆ เพื่อให้ได้ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ pH 4.5 หนังที่ผ่านการฟอกโครมแล้วเรียกว่า หนังเขียว(Wet Blue) ขั้นตอนต่อมาคือ การล้างด่าง (Neutralization)

2.2 การฟอกฝาด (Vegetable Tanning) การฟอกประเภทนี้จะนำสารสกัดประเภทแทนนิน มาเป็นตัวฟอก ทำได้ในถังหรือบ่อคอนกรีตที่ต่อแบบอนุกรม แล้วทำให้แห้ง และมีการเจียนผิวด้วยเครื่องตัดแต่งและคัดเลือก หนังที่ได้จากการฟอกฝาดนี้จะมีน้ำหนักมากกว่า โดยมากมักจะนำไปผลิตเป็นพื้นรองเท้า เข็มขัด แต่การฟอกฝาดจะมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าการฟอกโครม

3. การตกแต่ง (Finishing process)

การตกแต่งนี้ แบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ การฟอกทับ (Retannage) ซึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพหนังให้เหมาะสมกับความต้องการโดยใช้สารเคมี เช่น โครเมียม หรือ สารสกัดจากธรรมชาติแล้วนำหนังนี้ไปย้อมสี และอีกขั้นตอนคือการใส่น้ำมัน (Fat Liquoring) เป็นการทำให้หนังมีความอ่อนนุ่มอยู่ตัว

2.2 โครเมียม (Chromium) [3,23]

โครเมียม (Chromium) มีสูตรเคมี คือ Cr เป็นโลหะมันวาวสีเทาที่สามารถขัดเป็นเงาได้ดี และมีจุดหลอมเหลวสูง ไม่มีกลิ่นและสามารถขึ้นรูปได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้งานด้านอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง โดยนำมาผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทาน

โลหะโครเมียมบริสุทธิ์ใช้มากในอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สารประกอบของโครเมต (Chromate) ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมฟอกหนัง การย้อมสีขนสัตว์ โครเมียมยังส่งผลเสียและอันตรายต่างๆ เช่น เมื่อสูดหายใจเอาฝุ่นละอองหรือควันของกรดโครมิก จะทำให้ระบบทางเดินหายใจส่วนต้นบริเวณจมูกและทำให้เป็นมะเร็งที่ปอด นอกจากนี้การสัมผัสกับฝุ่นละอองหรือสารละลายของกรดโครมิกทำให้ผิวหนังอักเสบ

สถานะออกซิเดชันของสารประกอบโครเมียมที่ปรากฏมากที่สุดคือ +2 +3 และ +6 โดยที่ +3 มีความเสถียรที่สุด +1 +4 และ +5 นำมาใช้งานน้อย และสารประกอบโครเมียมที่มีสถานะ +6 เป็นตัวออกซิไดซ์ที่อานุภาพสูงที่สุด

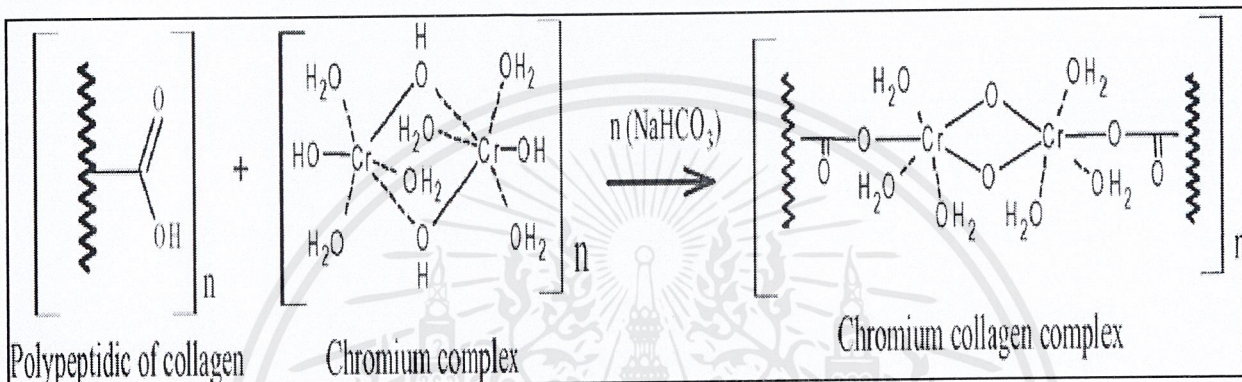
ในกระบวนการฟอกโครมจะใช้เกลือของโครเมียมเป็นตัวฟอก ทำให้หนังมีสภาพเป็นไฟเบอร์ และมีสีเขียว คุณสมบัติของโครเมียมจะช่วยให้หนังมีความคงตัว ไม่เนาเปื่อย ทนต่อความร้อนและความชื้นได้ดี

แหล่งที่มาหลักของสาร โครเมียมชนิดประจุ+6 ที่พบในหนังฟอกโครมอาจมาจาก

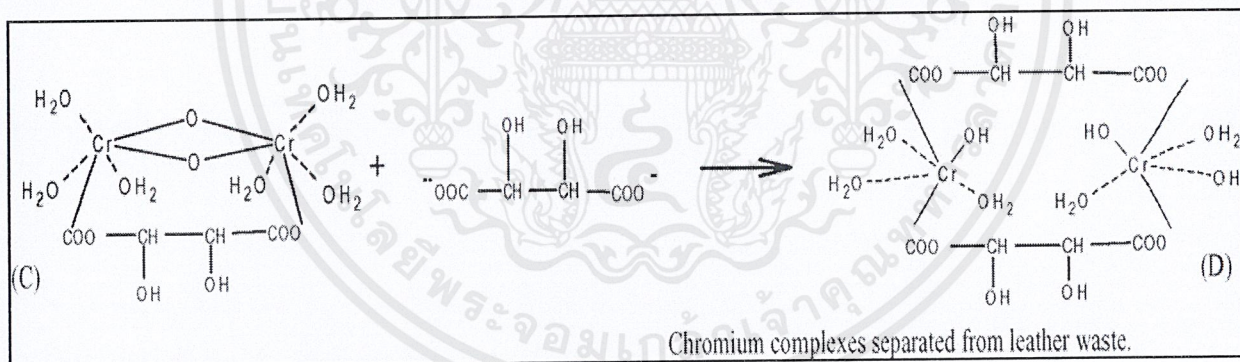
- โครเมียมซัลเฟตอิสระ (ประจุ+3) ที่ตกค้างอยู่ในหนังและถูกกระตุ้นโดยความร้อน แสงอุลตราไวโอเลต (UV) ต่างแก่ สารออกซิไดซ์ซึ่ง และน้ำมันอ่อนที่ถูกออกซิเจนเกาะ (ถูกออกซิไดซ์) ให้กลายเป็นโครเมียม +6
- สีโลหะที่มีโครเมียมเป็นส่วนประกอบและ โครเมียมถูกกระตุ้นให้มีประจุ +6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการฟอกหนัง มีการตรึงโครเมียมในหนัง เกิดหลายปฏิกิริยาเคมีพร้อมกัน ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งส่งผลให้ข้างหนึ่งของอะตอมโครเมียมเชื่อมพันธะกับออกซิเจน เนื่องจากพันธะ Olation และ oxolation เป็นพันธะเคมีที่เสถียร ระหว่างอะตอมโครเมียมและกลุ่ม carboxylic ของคอลลาเจน ดังนั้นต้องทำให้พันธะทั้งสองไม่เสถียร โดยการทำลายพันธะเคมี (การแตก Cr - Cr และ Cr - Collagen) ซึ่งการแตกออกนี้เกิดขึ้นได้ดีในสารละลายที่เป็นด่าง ในการศึกษาหลังจากเมื่อแยกโปรตีนออกแล้วจะใช้ chelating agent สกัดโครเมียมออกมาให้อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนกับ chelate ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาระหว่างโครเมียมกับหนังฟอก [3]



รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาการแยกโครเมียมออกจากหนังฟอก [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีโครเมียมบางส่วนที่ถูกปล่อยไปกับน้ำเสีย โรงงานฟอกหนังจึงต้องทำการสกัดโครเมียมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่โดยจะใช้สารละลายแอมโมเนียมออกไซด์ในการตกตะกอนผลิตภัณฑ์ของโครเมียมแล้วใช้กรดซัลฟิวริกละลายตะกอนโครเมียมออกมา จะได้สารละลายโครเมียมที่กลับไปใช้ในกระบวนการฟอกอีกครั้ง แต่ยังมีอีกส่วนหนึ่งที่มีโครเมียมปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม คือ เศษหนังฟอกที่ได้จากการตัดแต่งตามขนาดที่ต้องการและการเจียรหนังเพื่อให้ได้ความหนาที่กำหนดและมีความหนาสม่ำเสมอทั้งผืน ซึ่งจะกลายเป็นของเสียที่ต้องทิ้งและฝังกลบต่อไป จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดโครเมียมออกจากเศษหนังฟอกแล้วนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง

2.3 เจลาตินและคอลลาเจน [16,17]

2.3.1. เจลาติน (Gelatin)

เจลาตินเป็นของแข็งโปร่งแสง ไม่มีสี เปราะ และมีรสชาติน้อยมาก เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้จากสัตว์ โดยการสลายตัวของคอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจากส่วนต่างๆของสัตว์ ส่วนใหญ่แล้วเจลาตินถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามกระบวนการผลิตและแหล่งที่มา นั่นคือ ชนิด A เป็นเจลาตินที่สกัดได้โดยการย่อยสลายด้วยกรด และชนิด B เป็นเจลาตินที่สกัดได้โดยการย่อยสลายด้วยด่าง

เจลาตินเป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่ได้จากการทำลายพันธะไฮโดรเจนในคอลลาเจนด้วยความร้อนหรือใช้สารอื่นช่วย เช่น กรดหรือด่าง เจลาตินเป็นโปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ (Water soluble protein) พันธะระหว่างโมเลกุลของคอลลาเจนถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่จัดเรียงตัวได้ง่ายขึ้น โมเลกุลของเจลาตินจะเป็นสายยาวทำให้เกิดความหนืดในตัวทำละลาย หลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อนและแข็งตัวกลับเมื่อได้รับความเย็น ช่วยให้สร้างเจลได้ง่ายขึ้น องค์ประกอบทางเคมีของเจลาตินแทบจะเหมือนคอลลาเจนเริ่มต้น และมีการนำเจลาตินมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เครื่องสำอาง ยา อาหาร และฟิล์มถ่ายรูป

ส่วนประกอบของเจลาติน

1. Proline and Hydroxyproline 25 %
2. Glycine 27 %
3. Alanine 9 %
4. Aspartic acid 6 %
5. Glutamic acid 10 %
6. กรดอะมิโนอื่นๆ 15 %

2.3.2. คอลลาเจน (Collagen)

เจลาตินผลิตได้จากสารประกอบที่สำคัญคือ คอลลาเจน ซึ่งมีอยู่ 1 ใน 3 ส่วน ของโปรตีนทั้งหมด ในกล้ามเนื้อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จัดเป็นพวกโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble protein) โดยจะไม่ละลายในน้ำเย็น กรดอ่อน ค่างอ่อน แต่สามารถละลายได้ในน้ำร้อน และจัดอยู่ใน โปรตีนประเภท โครงสร้าง (structure protein) คอลลาเจนจะมีอยู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนที่เป็นโปรตีนทั้งหมด มีสีขาว เนื่องจากมีกรดอะมิโน ไฮดรอกซีโปรลีนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เมื่อโมเลกุลคอลลาเจนแยกออกจากกัน ละลายอยู่ในน้ำ สิ่งที่ได้คือ เจลาติน ซึ่งจะเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิลดลง ปริมาณการเปลี่ยนเป็นเจลาตินขึ้นกับ อายุของสัตว์และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

การเปลี่ยนคอลลาเจนไปเป็นเจลาตินคังแสดงดังสมการ



2.4 เรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) [26]

เรซินแลกเปลี่ยนไอออน เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ปกติจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 มิลลิเมตร เป็นวัสดุที่พัฒนาโครงสร้างของรูเล็กๆบนผิว เพื่อให้ดักจับและปล่อยประจุได้ง่าย การดักจับไอออนเกิดขึ้นพร้อมกับการปล่อยของไอออนอื่น ๆ จึงเรียกว่ากระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

หลักการ

- **Anion Exchange Resin** มีประจุบวก ใช้ดูดซับไอออนลบที่ไม่ต้องการออกจากสารละลาย โดยจะจับกับสารที่เป็นกรด ซึ่งเป็นประจุลบ (เสีย H^+ ไปแล้ว)

- **Cation Exchange Resin** มีประจุลบ ใช้ดูดซับไอออนบวกที่ไม่ต้องการออกจากสารละลาย โดยจะจับกับสารที่เป็นเบส ซึ่งเป็นประจุบวก (เสีย OH^- ไปแล้ว)

- **Ion Exchange Resin** ในการแยกโลหะ เป็นการให้ Resin กำจัด Dissolved Solid ที่อยู่ในรูปไอออน เช่น ไอออนของโลหะหนัก ออกจากสารละลายให้ได้สารที่บริสุทธิ์ขึ้น โดยใช้วิธีการกรองและหลักการดูดซับ ซึ่งในที่นี้จะใช้ Amberlite IR-120 resin เพื่อกำจัด chromium (III) ออกจากสารละลายที่ได้จากการย่อย

2.5 การไทเทรต [14,15]

2.5.1 การไทเทรตที่เกี่ยวข้องกับไอโอดีน (Iodometric titration)

ไอโอดีนเป็นของแข็งระเหิดได้ง่าย และเป็นสารออกซิไดซ์ที่ค่อนข้างรุนแรงที่ใช้ไทเทรตกับสารรีดิวซ์ การไทเทรตที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไอโอดีน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ที่มีไอโอดีนเป็นตัวออกซิไดซ์ การไทเทรตที่เกี่ยวข้องกับไอโอดีนมีได้ 2 แบบ คือ

การไทเทรตโดยตรง หมายถึง การเตรียมสารละลายไอโอดีนขึ้นมาทำการไทเทรตกับสารละลายของตัวรีดิวซ์ ใช้วิเคราะห์สารที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายหรือเป็น reducing agent ที่แรงพอ เช่น โซเดียมโซลฟิตโดยตรงและมีน้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ซึ่งมีชื่อเรียกว่า ไอโอดิเมทรี (Iodimetry)

การไทเทรตโดยอ้อม หมายถึง การไทเทรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาอื่นอีกทีหนึ่ง ไม่ได้เตรียมขึ้นมาโดยตรง นิยมใช้มากที่สุดในการไทเทรตแบบรีดอกซ์ ใช้สำหรับวิเคราะห์สารตัวอย่างที่เป็น oxidizing agent ที่แรงพอในการทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไอโอไดด์ขณะมีกรดร่วมอยู่ด้วย (KI/H^+) (ในสถานะ pH สูงกว่า 8-9 ไอโอดีนจะทำปฏิกิริยากับด่าง ทำให้เกิดเป็นไฮโปไอโอดัส (HOI) และ ไอโอเดต (IO^-)) ซึ่งจะเปลี่ยนไอโอไดด์เป็นไอโอดีนปลดปล่อยออกมา จากนั้นไทเทรตหาปริมาณไอโอดีนที่ปลดปล่อยออกมานั้นโดยใช้สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เป็นไทเทรนต์หรืออาจเลือกใช้ reducing agent อื่น เช่น arsenious acid เป็นไทเทรนต์ก็ได้

ถ้าต้องการไทเทรตโซเดียมโซลฟิตกับไอโอดีนจะใช้ไอโอดีนที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไอโอไดด์กับอาร์ซีเนต ในสารละลายที่เป็นกรดมากๆ ดังสมการที่ (1)



I_2 ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้สามารถไทเทรตกับโซเดียมไทโอซัลเฟตได้ วิธีการแบบนี้จะมีชื่อเรียกว่า ไอโอดิเมทรี (Iodometry)

ปฏิกิริยานี้เกิดได้ดีในสารละลายที่เป็นเบส ($pH > 8$) เพราะจะเกิดปฏิกิริยากับเบสได้ไอโอไดด์ (I^-) และ ไฮโปไอโอไดด์ (IO^-) ที่ไม่เสถียรดังสมการที่ (2) และสมการที่ (3)

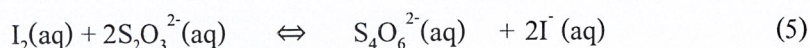


ไอโอดีนมีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อย แต่เมื่อเกิดปฏิกิริยาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอไดด์แล้วได้ I_3^- ที่สามารถละลายน้ำได้ดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

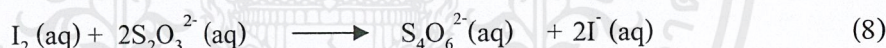
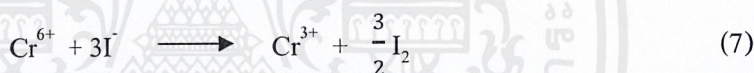
ไอโอดีน มีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ที่อ่อน สามารถรีดิวซ์สารออกซิไดซ์ที่แรงได้ แต่ไม่นิยมใช้เป็น ไทเทรนต์เนื่องจากเห็นจุดยุติยาก และเกิดปฏิกิริยาได้ช้า การวิเคราะห์สารออกซิไดซ์ทางอ้อมทำได้โดยใช้ไอโอดีนที่มากเกินไปทำปฏิกิริยากับสารออกซิไดซ์ จะได้ไอโอดีนที่สมดุลกับสารออกซิไดซ์แล้วไทเทรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วยสารรีดิวซ์ เช่น โซลฟิต (S₂O₃²⁻) ในสารละลายที่เป็นกลางหรือเป็นกรดอ่อน



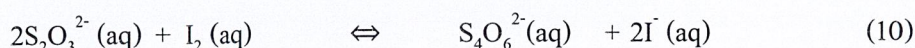
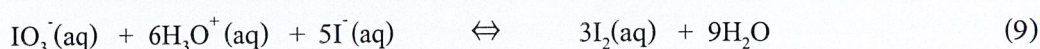
ถ้าสารละลายเป็นเบส (pH > 8) โซลฟิตจะถูกออกซิไดซ์เป็นซัลเฟตได้ ดังนี้



ในการทดลองนี้เป็นการหาปริมาณโครเมียม (VI) ในสารละลายตัวอย่างซึ่งโครเมียม (VI) จะทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไอโอดีน (KI) ที่มากเกินไปแล้วได้ I₂ แล้วไทเทรต I₂ ด้วยสารละลายโซเดียมโซลฟิตโดยใช้น้ำเป้งเป็นอินดิเคเตอร์



เนื่องจากสารละลายโซเดียมโซลฟิตมีความเข้มข้นไม่แน่นอน ดังนั้นจึงต้องไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิโพแทสเซียมไอโอดีนหรือโพแทสเซียมไดโครเมต ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ การเทียบมาตรฐานสารละลายโซเดียมโซลฟิต โดยให้ IO₃⁻ ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนที่มากเกินไปในสารละลายที่เป็นกลางแล้วได้ไอโอดีน ปริมาณไอโอดีนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ IO₃⁻ ไทเทรตไอโอดีนด้วยสารละลายโซลฟิตโดยใช้น้ำเป้งเป็นอินดิเคเตอร์ก็สามารถหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมโซลฟิตได้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



2.5.2 การไทเทรตหาปริมาณโครเมียมจากวิธีการ Iodometry ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



โดยที่

$$\text{จำนวนโมลของ } 2\text{Cr}^{3+} = 3 \text{ โมลของ } \text{I}_2$$

$$\text{จำนวนโมลของ } \text{I}_2 = 2 \text{ โมลของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

$$\text{จำนวนโมลของ } 2\text{Cr}^{3+} = 6 \text{ โมลของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

$$\text{ดังนั้น จำนวนโมลของ } \text{Cr}^{3+} = 3 \text{ โมลของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

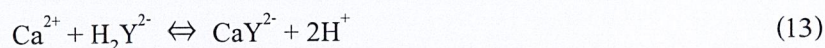
จะได้สมการการคำนวณหาปริมาณโครเมียมเป็น

$$\frac{1}{3} \times \frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times MW_{\text{Cr}^{3+}}}{1,000} \quad (12)$$

2.5.3 การไทเทรตหาปริมาณแคลเซียม [25]

เนื่องจากการย่อยหน้จะใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เพื่อแยกผลิตภัณฑ์โปรตีนออกมาและจะเหลือตะกอนเอาไว้ ซึ่งจะเรียกตะกอนนั้นว่า เลน โดยเลนมีโครเมียมและแคลเซียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อทำการทดลองโดยนำโซเดียมออกซาเลตหรือโซเดียมอะซีเตตสกัดโครเมียมออกจากเลน ปรากฏว่าสกัดออกมาได้ไม่ดี เพราะมีปริมาณแคลเซียมอยู่มาก แคลเซียมจึงทำปฏิกิริยากับโซเดียมออกซาเลตหรือโซเดียมอะซีเตตแทนโครเมียม ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดแคลเซียมออกไปก่อนเพื่อให้สามารถสกัดโครเมียมออกมามากที่สุด

การหาปริมาณแคลเซียมในเลนจะใช้วิธีไทเทรตกับสารละลายเอทิลีนไดอามีนเทอร์อะซีติกแอซิด (EDTA) โดยอาศัยการทำให้เกิดสารเชิงซ้อนระหว่าง Ca^{2+} กับ H_4Y ดังสมการต่อไปนี้



EDTA เกิดปฏิกิริยากับไอออนของโลหะได้หลายชนิดและการแตกตัวของ EDTA ขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลายโดยสารเชิงซ้อนของ Ca^{2+} มีความเสถียรมากที่ $\text{pH} = 10$ โดยจะใช้เอริโอโครมแบล็คที่เป็นอินดิเคเตอร์ซึ่งจะเปลี่ยนจากสีอู้นแดงเป็นสีน้ำเงิน จากสมการที่ (1) จะได้ว่า $1 \text{ mol EDTA} \equiv 1 \text{ mol Ca}^{2+}$ ซึ่งจะนำไปหาความเข้มข้นของแคลเซียมที่มีในสารละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Cabeza และคณะ (1998) ได้ศึกษาโดยนำเศษหนังฟอกมาทำการย่อยโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ จะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนจำพวกเจลาตินออกมาแล้วทำการย่อยภาคต่อด้วยสารละลายแมกนีเซียมอีก เช่นกันจะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนจำพวกคอลลาเจนและ โครเมียมออกมาและนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมดนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

Mu และคณะ (2003) ได้ศึกษาโดยนำเศษหนังฟอกที่ได้จากหนังหมูมาทำการย่อยโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมออกไซด์และเอนไซม์ พบว่าสารละลายต่างให้ผลิตภัณฑ์โปรตีนออกมามากกว่าการใช้เอนไซม์ และเมื่อเทียบกันเองในสารละลายต่าง พบว่าสารละลายแคลเซียมออกไซด์ให้ผลิตภัณฑ์โปรตีนมากที่สุด

Malek และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาประเภทของสารที่ใช้ย่อยเศษหนัง (ด่าง, กรด, กลาง) และการเลือกใช้ออกเอนกิกิเลตในการสกัดโครเมียมรวมทั้งศึกษาตัวแปรคือ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา และความเข้มข้นที่มีผลในการสกัดโครเมียม จากการทดลองพบว่าการใช้สารละลายประเภทด่างจะย่อยเศษหนังแล้วได้โครเมียมออกมามากที่สุด และ โพแทสเซียมทาเทรต 0.5 M เป็นออร์แกนิกกิเลตที่สกัดโครเมียมออกจากเศษหนังที่ย่อยแล้ว ได้มากที่สุด ที่อุณหภูมิ 40 °C เวลา 90 นาที

Esmacili และคณะ (2005) ได้ศึกษาสารที่ใช้ในการตกตะกอนโครเมียมจากน้ำเสีย คือ ปูนขาว โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ รวมทั้งตัวแปรที่มีผลต่อการตกตะกอน เช่น pH ความเร็วของการตกตะกอน ปริมาตรสลัดจ์และเวลาในการผสม จากการทดลองพบว่า แมกนีเซียมออกไซด์สามารถตกตะกอนโครเมียมได้มากที่สุดที่ pH=7-8 อัตราส่วนของปริมาตรสลัดจ์เป็นดังนี้ $V_{MgO} : V_{Ca(OH)_2} : V_{NaOH} = 1 : 2.5 : 3.3$

Erdem (2006) ได้ศึกษาการนำโครเมียมจากเศษหนังฟอกกลับมาใช้ใหม่ในรูปของโครเมตโดยการออกซิเดชันอากาศ ออกซิเจนและ Na_2O_2 พบว่าการออกซิเดชันด้วย Na_2O_2 มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีโครเมียมในรูปสารประกอบโครเมตถึง 99.45%

Dettmer และคณะ (2010) ได้ศึกษาการนำสารประกอบโครเมียมซัลเฟตกลับมาใช้ในกระบวนการฟอกหนังใหม่ด้วยวิธี Thermal treatment โดยถ้าที่เหลือจากการเผาของเสียในกระบวนการจะมีโซเดียมโครเมตอยู่และนำไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกได้โซเดียมโครเมตซึ่งจะนำไปทำปฏิกิริยากับโซเดียมเอกซารีนเป็นเอกซารีนที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัลไฟต์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโครเมียมซัลเฟต จากการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนโดยโมลของ โซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมไดโครเมตเท่ากับ 6 ใช้เวลา 5 นาทีในการทำปฏิกิริยา และ pH ของโซเดียมไดโครเมตเท่ากับ 2

Saparia และคณะ (1996) ได้ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ทราย เรซินแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวกและประจุลบ จากการทดลองพบว่าสามารถกำจัดสังกะสี สารประกอบโครเมียมทั้งหมด (+3 และ +6) ได้ทั้งหมดและกำจัดสารที่ไม่ละลาย ไชยาไนต์ และความกระด้างได้เกือบทั้งหมด

Panday และคณะ (1996) ได้ศึกษาการขจัดโลหะจากสารละลาย โดยใช้ด่างเพื่อลดความเป็นพิษของสารประกอบโครเมียม+6 ให้เป็นสารประกอบโครเมียม+3 ซึ่งจะใช้เฟอร์รัสซัลเฟต หรือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง 2.5-3.0

Almeida และคณะ (1997) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเวลาในการตกตะกอนของโครเมียมระหว่าง สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ โดยการใช้กรดซัลฟิวริก พบว่า สารละลายแคลเซียมออกไซด์ใช้เวลาในการตกตะกอนของโครเมียมดีกว่าทั้งสองชนิดนั้น

Zeiner และคณะ (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์หาค่าโครเมียม+6 และโครเมียมทั้งหมด ที่มีอยู่ในเสษหนึ่ง โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง จากเครื่อง UV-Vis spectrometer ซึ่งเป็นการหาค่าความเข้มข้นของโครเมียม ที่มีความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 15 mg/L โดยใช้ความยาวคลื่น 540 nm เพื่อนำมาทำ calibration curve for chromium UV-Vis determination.

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 การย่อยเศษหนัง

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- วัสดุ อุปกรณ์

1. เศษหนัง
2. กระบอกตวง
3. ซ้อนตักสาร
4. ปิเปต
5. บิวเรต
6. เครื่อง heater
7. เครื่อง UV- Visible Spectroscopy
8. pH probe
9. Water bath
10. ผ้ากรอง
11. ขวดรูปชมพู่
12. บีกเกอร์
13. เทอร์โมมิเตอร์
14. เครื่องอบ
15. กรวยกรอง
16. กระดาษกรอง
17. แท่งแก้ว

- สารเคมี

1. Magnesium oxide (MgO)
2. Sodium hydroxide (NaOH)
3. Sulfuric acid (H₂SO₄)
4. Activated Carbon
5. Calcium oxide (CaO)
6. Potassium dichromate (K₂Cr₂O₇)
7. Cation resin
8. น้ำกลั่น

3.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 วัดความชื้นในเศษหนังฟอก

- 1.1 นำเศษและชิ้นหนังฟอกที่เตรียมไว้อย่างละ 30 กรัม ควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสในตู้อบ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 1.2 นำเศษและชิ้นหนังฟอกที่อบเสร็จแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความชื้นในเศษหนังฟอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 การย่อยเศษแห้ง

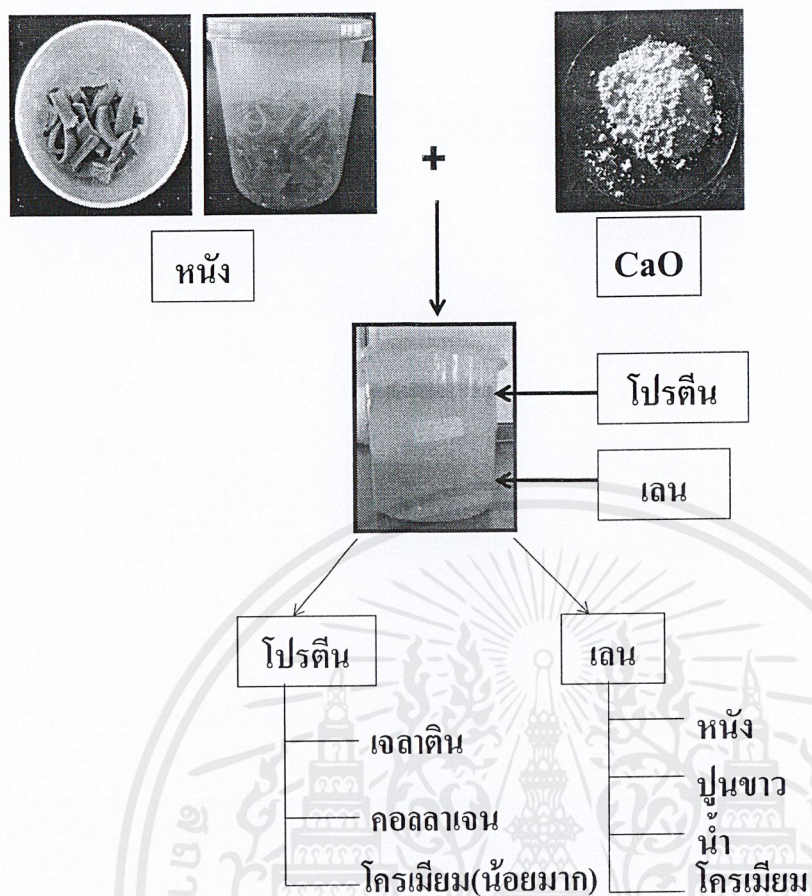
ขั้นตอนการย่อยเศษแห้งแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 เตรียมสารละลาย MgO 4%, 6% และ 8%
- 2.2 เตรียมเศษและชิ้นแห้งฟอกอย่างละ 10 กรัม เตรียมสารละลาย MgO 4%, 6% และ 8%
- 2.3 วัด pH ของสารละลาย บันทึกลงผล
- 2.4 นำของผสมที่ได้ไปควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสในตู้อบเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 2.5 หลังอบแล้ว นำสารละลายนั้นมาวัด pH แล้วบันทึกผล จากนั้นทำสารละลายให้เป็นกลางโดยการเติมกรดซัลฟิวริก
- 2.6 เมื่อสารละลายเป็นกลางแล้ว นำมากรองเพื่อแยกกากออก
- 2.7 นำสารละลายที่กรองแล้วไปตรวจสอบโครเมียม โดยการเติม NaOH 0.1 M ปริมาณมากเกินไป นำมาให้ความร้อน เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สังเกตความเปลี่ยนแปลง
- 2.8 นำสารละลายที่ตรวจสอบโครเมียมแล้ว ไปกำจัดกลิ่น โดยใช้ Activated carbon
- 2.9 หลังจากกำจัดกลิ่นแล้ว นำไประเหยน้ำออกเพื่อหาปริมาณ โปรตีน
- 2.10 การกำจัดกลิ่นด้วย Activated carbon โปรตีนที่ได้ยังคงมีกลิ่นอยู่ จึงนำโปรตีนไปอบในเครื่อง Vacuum oven เพื่อกำจัดกลิ่นออกให้หมด
- 2.11 นำโปรตีนที่กำจัดกลิ่นแล้วมาชั่งน้ำหนัก
- 2.12 เปลี่ยนสารที่ใช้ย่อยเป็น NaOH และ CaO ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วทำการทดลองเหมือนเดิม
- 2.13 เลือกสารละลายที่ได้จากการย่อยมาผ่านเรซินแลกเปลี่ยน ไอออน วัดค่า pH และทำซ้ำข้อ 2.7 บันทึกความเปลี่ยนแปลงของสารละลาย

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมโดยวัดค่าการดูดกลืนแสง

- 3.1 ทำ Calibration curve ของโครเมียม โดยเตรียมโพแทสเซียมไดโครเมต 2, 4, 6, 8 และ 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (คิดเป็นความเข้มข้น 0.066 M, 0.132 M, 0.199 M, 0.265 M และ 0.331 M)
- 3.2 นำสารละลายที่เตรียมไว้ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร บันทึกค่าและนำไปสร้างกราฟ
- 3.3 นำสารละลายที่ได้ทำการทดสอบโครเมียมแล้วทุกๆ การทดสอบมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร บันทึกค่าและนำไปเทียบหาความเข้มข้นจากกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 Block flow การแยกโปรตีน

3.2 การทดลองที่ 2 การแยกโครเมียมออกจากเลน (เศษที่เหลือจากการย่อยเศษหนัง)

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- วัสดุอุปกรณ์

1. หนังและเลน(เศษหนังที่ย่อยแล้วในการทดลองที่ 1)
2. กระบอกตวง
3. บิวเรต
4. ปิเปต
5. กรวยกรอง
6. ซ้อนตักสาร
7. หลอดหยดสาร
8. แท่งแก้ว
9. ปีกเกอร์
10. ขวดรูปชมพู่
11. เทอร์โมมิเตอร์
12. กระดาษวัด pH
13. เครื่อง heater
14. Water bath
15. ครุชีเบิต
16. เตาเผา
17. เครื่องอบ
18. ตะเกียงบุนเสน (Bunsen burner)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● สารเคมี

1. Potassium iodide (KI)
2. Sodium hydroxide (NaOH)
3. Sulfuric (H_2SO_4)
4. Sodium chloride (NaCl)
5. Acetic Acid (CH_3COOH)
6. Hydrogen peroxide (H_2O_2)
7. Magnesium Chloride ($MgCl_2$)
8. Ammonia (NH_3)
9. Starch soluble (น้ำแป้ง)
10. Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3$)
11. Sodium acetate ($NaC_2H_3O_2$)
12. Sodium oxalate ($Na_2C_2O_4$)
13. Hydrochloric acid (HCl)
14. Ethylenediamine tetracetic acid (EDTA)
15. Ammonium Chloride (NH_4Cl)
16. Eriochrome Black T indicator

3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองเพื่อหาปริมาณโครเมียมเริ่มต้น

วิธีที่ 1 หาปริมาณโครเมียมในหนัง

1. นำหนังฟอกปริมาณ 20 กรัม ไปควบคุมอุณหภูมิในตู้อบที่อุณหภูมิ $70^\circ C$ เป็นเวลา 1 วัน
2. นำหนังที่ได้จากข้อ 1 มา 5 กรัม เผาในครุซีเบลโดยใช้ตะเกียงเบนเสน (Bunsen burner) เผาจนหนังกลายเป็นเถ้าสีดำ
3. นำเถ้าที่ได้จากข้อ 2 มาเผาในเตาเผา (Furnace) ที่อุณหภูมิ $500^\circ C$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำเถ้าที่ได้จากการเผาในเตาเผามาละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ปริมาตร 10 mL
5. นำไปหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี

วิธีที่ 2 หาปริมาณโครเมียมในหนังที่อบแห้ง

1. นำหนังอบแห้ง 1 กรัม เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ปริมาตร 8 mL
2. นำไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ $60^\circ C$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. นำสารที่รีฟลักซ์เสร็จแล้วไปหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี
4. ทำซ้ำข้อ 1 โดยตั้งสารทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วนำไปหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองเพื่อแยกโครเมียมออกจากเลน

วิธีที่ 1 การทดลองไฮโดรไลซ์ด้วยกรด

1. นำเลนปริมาตร 100 mL เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ปริมาตร 10 mL
2. นำไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมงและเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมง
3. นำตัวอย่างที่เก็บไปหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี

วิธีที่ 2 การสกัดโครเมียมด้วย chelating agent

2.1 การกำจัดแคลเซียม

1. นำเลน 2 กรัม เติม โซเดียมคลอไรด์และกรดอะซิติกในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน นำไปควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พักไว้ให้สารละลายตกตะกอน
2. ชั่งเอทิลีนไดเอมีนเททระอะซิติกแอซิด (EDTA) 3.73 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 mL จะได้สารละลาย EDTA ความเข้มข้น 0.1 M
3. ตวงสารละลายจากข้อ 1 มา 25 mL เติม $MgCl_2$ 0.03 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 mL จะได้สารละลาย EDTA ความเข้มข้น 0.01 M
4. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 โดยละลาย NH_4Cl 3.4 กรัม ในสารละลายแอมโมเนีย 27.5 mL แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 mL
5. นำสารละลายที่ต้องการทดสอบ (สารละลายที่ได้จากการสกัด โซเดียมออกซาลेटหรือ โซเดียมอะซิเตต และสารละลายที่ได้จากการเติม NaCl กับ Acetic Acid) มา 1 mL เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 จนสารละลายที่จะทดสอบมี pH 8-9 (เติมประมาณ 1-2 หยด) และเอริโอโครมเบิ้ล็คทีอินดิเคเตอร์ 1 หยด เขย่าให้สารละลายเข้ากัน แล้วไทเทรตด้วยสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 0.01 M จนถึงจุดยุติ (สีจางแดงเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน) แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้
6. นำสารละลายมาหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี
7. ทำซ้ำโดยเปลี่ยนเป็นเลน 2 กรัม เติม โซเดียมอะซิเตต และเลน 2 กรัม เติม โซเดียมออกซาลेट

2.2 การละลายโครเมียมด้วย chelating agent

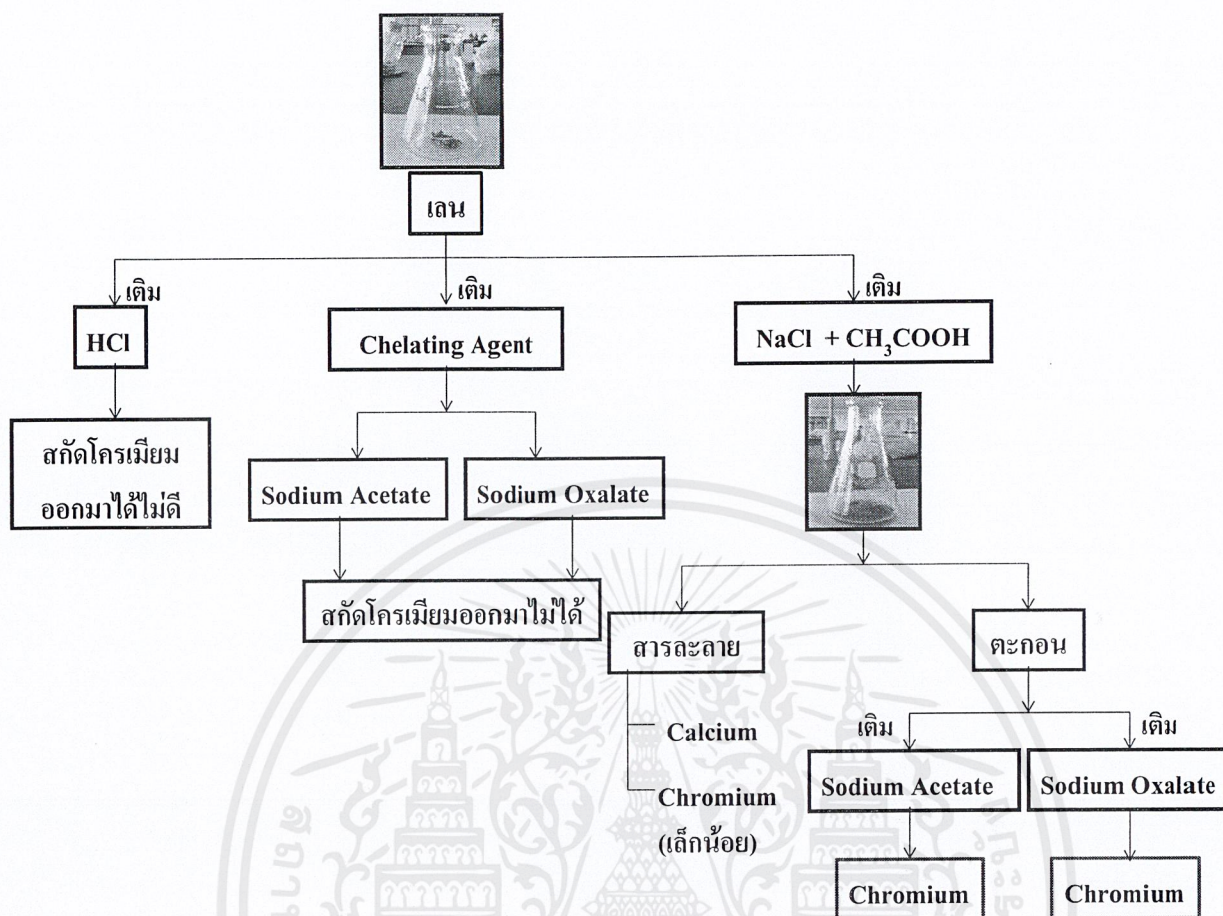
นำตะกอนที่ได้หลังจากกำจัดแคลเซียมแล้ว ละลายด้วย โซเดียมออกซาลेटและ โซเดียมอะซิเตต สังเกตสีของสารละลายที่ได้ก่อนนำไปหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี

2.3 การไฮโดรไลซิสตะกอนเพื่อหาปริมาณโครเมียมในตะกอนที่เหลืออยู่

1. นำตะกอนที่เหลือหลังจากการละลายด้วยโซเดียมออกซาเลตและโซเดียมอะซีเตต มาเติมกรดไฮโดรคลอริก 3 mL แล้วทิ้งไว้ 1 คืน
2. นำสารละลายมาหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี

ขั้นตอนที่ 3 การหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีไอโอโดเมทรี

1. นำสารละลายที่ต้องการทดสอบมาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 M จนกระทั่งสารละลายเป็นด่าง pH ประมาณ 11-12 แล้วนำไปต้ม
2. เมื่อสารละลายอุ่นแล้วจึงค่อยๆ เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปจน pH ประมาณ 8-9 และไม่เกิดฟองขึ้นแล้ว สารจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถ้ามีโครเมียมอยู่ ถ้าสารไม่เปลี่ยนสีแสดงว่าไม่มีโครเมียมอยู่
3. นำสารที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วมาเติมน้ำปริมาณ 10 mL กรดซัลฟิวริก 1 mL (กรดซัลฟิวริกต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1) และโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.2 กรัม สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
4. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 M จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนหรือเหลืองอ่อน จดบันทึกปริมาตรที่ใช้
5. เติมน้ำแบ่งลงไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
6. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียว หรือสีน้ำเงินจางหายไป จดบันทึกปริมาตรที่ใช้



รูปที่ 3.2 Block flow การแยก โครเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การย่อยเศษหนัง

4.1.1 ขั้นตอนที่ 1 วัดความชื้นในเศษหนังฟอก

จากการทดลองหาความชื้นในเศษหนังฟอกได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักหนังฟอกก่อนอบและหลังอบ

ลักษณะหนัง	เศษหนัง	ชื้นหนัง
น้ำหนักก่อนอบ (g)	30	30
น้ำหนักหลังอบ (g)	15.76	15.12

พบว่าในเศษหนังมีปริมาณความชื้น 47.5% และในชิ้นหนังมีปริมาณความชื้น 49.6% จึงสรุปได้ว่าในเศษหนังฟอกที่ได้มาจากโรงงานนั้นจะมีความชื้นประมาณ 50%

4.1.2 ขั้นตอนที่ 2 การย่อยเศษหนัง

2.1 การย่อยเศษหนังด้วย MgO

เมื่อทำการย่อยเศษหนังด้วย MgO ได้ผลการย่อยดังตารางที่ 4.2 พบว่าในเศษหนัง 10 กรัม จะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนออกมามากถึง 52 % ที่ความเข้มข้น MgO 4% เมื่อทำการตรวจสอบโครเมียมด้วยการออกซิไดซ์โครเมียม +3 ให้เป็นโครเมียม +6 พบว่าสารละลายโปรตีนมีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย ซึ่งคาดว่าน่าจะมีปริมาณโครเมียมในสารละลายน้อยมาก แสดงการคำนวณปริมาณโปรตีนไว้ในภาคผนวก ค.1

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยเศษแห้งโดยใช้ MgO

ความเข้มข้นของ MgO	pH		น้ำหนักกากหลังจากการย่อย(อบแล้ว) (g)	น้ำหนักโปรตีน (g)	%yield	ความเปลี่ยนแปลงหลังการตรวจสอบโครเมียม
	ก่อนย่อย	หลังย่อย				
4%	9.6	9.4	11.63	2.60	52.0	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย
6%	9.6	9.5	14.26	2.08	41.6	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย
8%	9.6	8.8	22.70	1.20	24.0	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย

2.2 การย่อยเศษแห้งด้วย MgO

เมื่อทำการย่อยเศษแห้งด้วย MgO เมื่อใช้ปริมาณ MgO ลดลง พบว่าได้ปริมาณโปรตีนออกมาเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 4.3 พบว่าในเศษแห้ง 30 กรัม จะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนออกมามากถึง 37.5% ที่ความเข้มข้น MgO 1% เมื่อทำการตรวจสอบโครเมียม พบว่าสารละลายโปรตีนมีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย ซึ่งคาดว่าน่าจะมีปริมาณโครเมียมในสารละลายน้อยมาก

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยเศษแห้งโดยใช้ MgO

ความเข้มข้นของ MgO	pH		น้ำหนักกากหลังจากการย่อย(อบแล้ว) (g)	น้ำหนักโปรตีน (g)	%yield	ความเปลี่ยนแปลงหลังการตรวจสอบโครเมียม
	ก่อนย่อย	หลังย่อย				
1%	9.6	8.6	13.65	5.62	37.5	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย
2%	9.6	9.0	15.14	4.10	27.3	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย
3%	9.6	9.2	17.57	3.83	25.5	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย
4%	9.6	9.4	13.41	5.03	33.6	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การย่อยเศษหนังด้วย NaOH

เมื่อทำการย่อยเศษหนังด้วย NaOH ได้ผลการย่อยดังตารางที่ 4.4 พบว่าในเศษหนังที่มีลักษณะเป็นชิ้น 30 กรัม จะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนออกมามากถึง 18.8% ที่ความเข้มข้น 0.1 M เมื่อตรวจสอบโครเมียม พบว่ามีสารละลายโปรตีนมีสีเหลืองอ่อน แสดงว่ามีโครเมียมปนออกมามากด้วย

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยเศษหนังโดยใช้ NaOH

ความเข้มข้นของ NaOH	ลักษณะหนังฟอก	pH		น้ำหนักกากหลังจากการย่อย (อบแล้ว) (g)	น้ำหนักโปรตีน (g)	%yield	ความเปลี่ยนแปลงหลังการตรวจสอบโครเมียม
		ก่อนย่อย	หลังย่อย				
0.05 M	เศษ	13	11.5	12.52	0.85	5.7	มีสีเขียวใส
	ชิ้น	13	11.5	13.32	1.32	9.1	มีสีเขียวใสมีตะกอน
0.1 M	เศษ	13	12	10.16	2.82	18.8	มีสีเหลืองอ่อน
	ชิ้น	13	12	11.15	2.52	16.8	มีสีเขียวขุ่น

2.4 การย่อยเศษหนังด้วย CaO

เมื่อทำการย่อยเศษหนังด้วย CaO ได้ผลการย่อยดังตารางที่ 4.5 พบว่าในเศษหนัง 30 กรัม จะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนออกมามากถึง 77.9% ที่ความเข้มข้น CaO 3% เมื่อทำการตรวจสอบโครเมียม พบว่าสารละลายโปรตีนมีสีขาวขุ่น ซึ่งคาดว่าน่าจะมีปริมาณโครเมียมในสารละลายน้อยมาก

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองที่ได้จากการย่อยเศษหนังโดยใช้ CaO

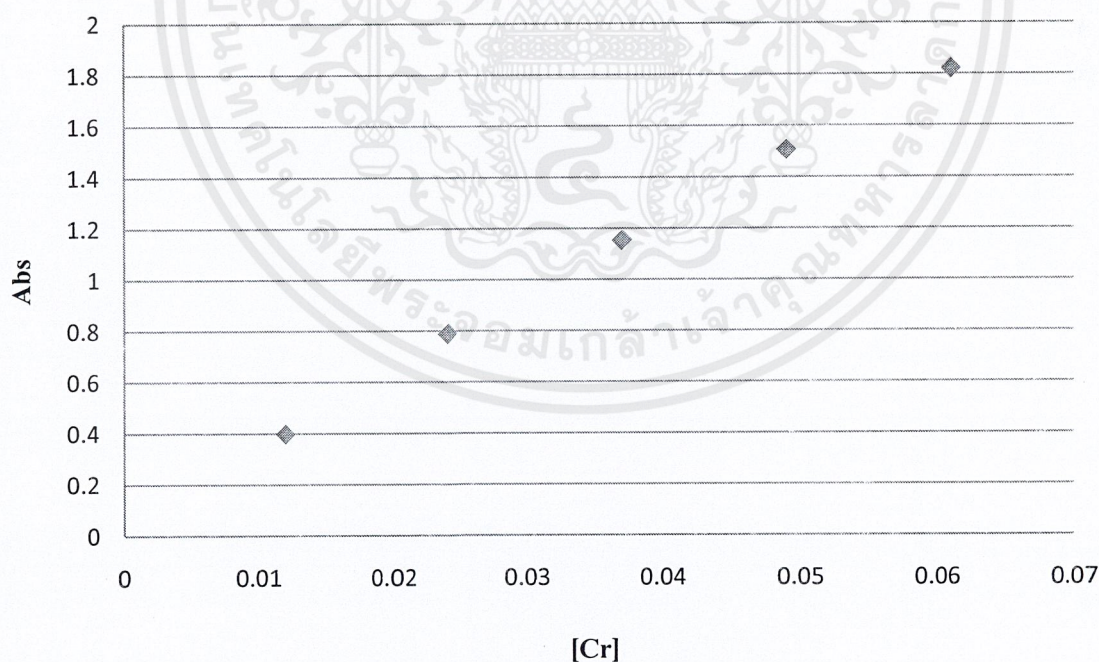
ความเข้มข้นของ CaO	pH		น้ำหนักกากหลังจากการย่อย (อบแล้ว) (g)	น้ำหนักโปรตีน (g)	%yield	ความเปลี่ยนแปลงหลังการตรวจสอบโครเมียม
	ก่อนย่อย	หลังย่อย				
0.10%	8.7	3.3	26.82	1.27	8.5	มีสีใสและฟอง
0.50%	9.4	8.4	23.18	4.46	29.7	มีสีใสและฟอง
1%	11.2	9.8	12.16	4.04	27.0	มีสีขาวขุ่น มีตะกอนเล็กน้อย
2%	10	9	7.04	8.56	57.1	มีสีใสและตะกอนสีขาวเกิดฟอง
3%	13	11.5	7.15	11.68	77.9	มีสีขาวขุ่น เกิดฟอง
4%	13	12.3	9.51	11.04	73.6	มีสีขาวขุ่น เกิดฟอง

4.1.3 ขั้นตอนที่ 3 การหาค่าการดูดกลืนแสง

เมื่อทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ โครเมียมในโพแทสเซียมไดโครเมตจะได้ผลดังตารางที่ 4.6 และนำไปสร้าง Calibration curve ได้ดังรูปที่ 4.1 เมื่อนำผลิตภัณฑ์โปรตีนมาวัดค่าการดูดกลืนแสงจะได้ค่าดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4. 6 ค่าการดูดกลืนแสงของโครเมียมในโพแทสเซียมไดโครเมต

[Cr],mol/L	Absorbance
0.012	0.397
0.024	0.789
0.037	1.153
0.049	1.506
0.061	1.821



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโครเมียมกับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าการดูดกลืนแสงของสารต่างๆ

สารที่ใช้ย่อย	ค่า Absorbance	หมายเหตุ
MgO 1%	0.070	
MgO 2%	0.010	ผ่านเรซินแล้ว
MgO 3%	0.018	ผ่านเรซินแล้ว
MgO 4%	0.135	
CaO 0.5%	0.131	
CaO 1%	0.652	
CaO 2%	0.045	ผ่านเรซินแล้ว
CaO 3%	0.094	
CaO 4%	0.142	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การแยกโครเมียมออกจากเลน

4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 การทดลองเพื่อหาปริมาณโครเมียมเริ่มต้นในเศษหนัง

เมื่อนำเศษหนังมาหาปริมาณโครเมียมพบว่าปริมาณโครเมียมอยู่ 4.2 % ซึ่งวิธีที่ 1 มีความน่าเชื่อถือมากกว่าวิธีที่ 2 เพราะได้ทำการเผาสารอินทรีย์ออกไปจากหนังแล้ว ถ้าที่เหลือจากการเผาจึงมีโครเมียมเป็นองค์ประกอบหลัก

วิธีที่ 1 ปริมาณโครเมียมในหนัง

นำเอาที่ได้จากการเผาเศษหนังมาหาปริมาณโครเมียมพบว่าปริมาณโครเมียมอยู่ 4.2 % ของเศษหนังแห้ง และได้แสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ค.3

วิธีที่ 2 ปริมาณโครเมียมในหนังที่อบแห้ง

นำหนังที่อบแห้งมาหาปริมาณโครเมียมโดยนำหนังไปไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นโดยการรีฟลักซ์ พบว่าในการรีฟลักซ์จะทำให้โครเมียมละลายออกมาถึง 3%

ตารางที่ 4.8 ปริมาณโครเมียมในหนังที่อบแห้ง

สารละลายทั้งหมด (mL)	สารละลายตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลายตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่มีในหนัง (%)	หมายเหตุ
8	2	0.6	0.0098	3	หนังอบแห้ง reflux
8	2	0.15	0.0027	1.06	หนังอบแห้งไม่ reflux

4.2.2 ขั้นตอนที่ 2 การทดลองเพื่อแยกโครเมียมออกจากเลน

นำเลนมาไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น โดยทำการรีฟลักซ์เพื่อหาปริมาณโครเมียมที่แยกออกมาได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าในการทำรีฟลักซ์จะทำให้โครเมียมละลายออกมาน้อยมาก แสดงการคำนวณปริมาณโครเมียมในเลนที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรดในภาคผนวก ก.4

วิธีที่ 1 การทดลองไฮโดรไลซ์ด้วยกรด

ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.9 การทดลองไฮโดรไลซ์ด้วยกรดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	สารละลายตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่มีในหนัง (%)
1	1	3.1	0.0086	1.29
2	1	3.4	0.0094	1.42
3	1	3.1	0.0140	1.05
4	1	3.5	0.0170	1.28
5	1	2.7	0.0140	2.10

ครั้งที่ 2

เมื่อทำการทดลองซ้ำ ปริมาณโครเมียมที่แยกออกมาได้ยังคงมีปริมาณน้อยเช่นเดิม ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การทดลองไฮโดรไลซ์ด้วยกรดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	สารละลายตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่มีในหนัง (%)
1	1	2	0.0035	1.04
2	1	0.6	0.0024	0.36
3	1	0.3	0.0010	0.16
4	1	0.8	0.0035	0.52
5	1	3.1	0.2260	1.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ 2 การละลายโครเมียมด้วย chelating agent

ทดลองครั้งที่ 1

2.1 การกำจัดแคลเซียม

เมื่อนำเลนมาสกัดโครเมียมด้วยโซเดียมอะซีเตตและโซเดียมออกซาเลต พบว่าสามารถสกัดโครเมียมออกมาได้น้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ที่เป็นเช่นนี้เพราะแคลเซียมไปทำปฏิกิริยากับอะซีเตตและออกซาเลตแทนโครเมียม แสดงการคำนวณปริมาณโครเมียมจากการละลายโครเมียมด้วย chelating agent ไว้ในภาคผนวก ค.5

ตารางที่ 4.11 การไทเทรตหาปริมาณโครเมียมในเลนที่สกัดด้วยโซเดียมอะซีเตตและโซเดียมออกซาเลต

สารละลาย จาก	ปริมาตร ทั้งหมด (mL)	สารละลาย ตัวอย่าง (mL)	ปริมาตร $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1M ที่ใช้ (mL)			ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	ปริมาณ โครเมียม ในสารละลาย ทั้งหมด (g Cr^{3+})	โครเมียม ที่มีในเลน (%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย			
โซเดียม อะซีเตต	6	0.5	2.4	2.8	2.6	0.00451	0.05400	0.90
โซเดียมออก ซาเลต	3	0.5	0.15	0.3	0.23	0.00039	0.00234	0.08

และทำการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม จะเห็นได้ว่ามีปริมาณแคลเซียมละลายออกมามาก จึงนำเลนมากำจัดแคลเซียมด้วยการเติมสารละลายผสมของโซเดียมคลอไรด์กับกรดอะซีติก พบว่าสามารถกำจัดแคลเซียมให้ละลายออกมาได้มาก ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม

สารละลายจาก	ปริมาตรทั้งหมด (mL)	สารละลาย ตัวอย่าง (mL)	pH	ปริมาตร EDTA 0.01M ที่ใช้ (mL)			ปริมาณแคลเซียมที่ละลายออกมา (g Ca ²⁺ /L)
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	
โซเดียมอะซิเตด	6	1	8	12.5	13.3	12.9	30.96
โซเดียมออกซาเลต	3	0.5	10	5.5	6.3	5.9	28.32
สารละลายที่เติม NaCl กับ Acetic acid	14	0.5	6	2.3	1.8	2.05	241.08

ในการกำจัดแคลเซียมเมื่อถึงเกณฑ์เติมสารละลายผสมของโซเดียมคลอไรด์กับกรดอะซิติก ว่าจะเกิดการตกตะกอน โดยจะนำสารละลายมาหาปริมาณโครเมียม ส่วนตะกอนจะนำไปสกัดโครเมียมด้วยโซเดียมอะซิเตดและโซเดียมออกซาเลต

วิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมที่สกัดได้ โดยการเติมโซเดียมคลอไรด์กับกรดอะซิติก

สารละลาย

นำส่วนของสารละลายที่ได้จากการกำจัดแคลเซียม มาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม ได้ผลแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การหาปริมาณโครเมียมในสารละลายครั้งที่ 1

อัตราส่วน NaCl(g):CH ₃ COOH(mL) ต่อเลน 2 g	สารละลายทั้งหมด (mL)	สารละลาย ตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₃ 0.1M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่มีในหนัง (%)
1:0.5	5.5	1	1.4	0.00240	0.66
2:1	6	1	1.6	0.00277	0.83
0.5:1	6	1	0.8	0.00236	0.71
1.5:0.5	5.5	1	1.5	0.00260	0.72
1:1	6	1	3.3	0.00570	1.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองครั้งที่ 2

สารละลาย

เมื่อทำการทดลองซ้ำดังแสดงในตารางที่ 4.14 พบว่ามีปริมาณโครเมียมออกมาในสารละลายน้อย จึงสรุปได้ว่าสารละลายที่ได้จากการกำจัดแคลเซียมมีปริมาณโครเมียมปนออกมาน้อย

ตารางที่ 4.14 การหาปริมาณโครเมียมในสารละลายครั้งที่ 2

อัตราส่วน NaCl(g):CH ₃ COOH(mL) ต่อเลน 2 g	สารละลาย ทั้งหมด (mL)	สารละลาย ตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₃ 0.1M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่มี ในหนึ่ง (%)
1:0.5	5.5	1	1.3	0.00766	2.10
2:1	6.0	1	0.8	0.00998	2.99
0.5:1	6.0	1	0.5	0.00728	2.18
1.5:0.5	5.5	1	1.3	0.01080	2.97
1:1	6.0	1	0.8	0.01060	3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การละลายโครเมียมด้วย chelating agent

ส่วนตะกอนสกัดครั้งที่ 1

นำตะกอนที่ได้จากการกำจัดแคลเซียมมาสกัดด้วย chelating agent พบว่าสามารถสกัดโครเมียมออกมาได้ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การละลายโครเมียมด้วย chelating agent ส่วนตะกอนสกัดครั้งที่ 1

อัตราส่วน NaCl(g):CH ₃ COOH(mL) ต่อเลน 2 g	สารละลาย ทั้งหมด (mL)	สารละลาย ตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₃ 0.1M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่มี ในหนัง (%)
โซเดียมอะซิเตต 1M					
1:0.5	5.5	1	10.1	0.0175	9.63
2:1	5.5	1	9.5	0.0250	13.77
0.5:1	5.5	1	9.8	0.0260	14.57
1.5:0.5	5.5	1	13.2	0.0229	12.58
1:1	5.5	1	12.5	0.0217	11.92
โซเดียมออกซาเลต 1 M					
1:0.5	5.5	1	8	0.0139	7.63
2:1	5.5	1	6	0.0166	9.15
0.5:1	5.5	1	7.3	0.0167	9.19
1.5:0.5	5.5	1	3.2	0.0056	3.05
1:1	5.5	1	8.1	0.0140	7.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนตะกอนสกัดครั้งที่ 2

นำตะกอนที่เหลือจากการสกัดครั้งที่ 1 มาสกัดครั้งที่ 2 พบว่ายังสามารถสกัดโครเมียมออกมาได้อีก
 ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การละลายโครเมียมด้วย chelating agent ส่วนตะกอนสกัดครั้งที่ 2

อัตราส่วน NaCl(g):CH ₃ COOH(mL) ต่อเลน 2 g	สารละลาย ทั้งหมด (mL)	สารละลาย ตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₃ 0.1M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่มี ในหนัง (%)
โซเดียมอะซีเตต 1 M					
1:0.5	5.5	1	4.8	0.00832	1.66
2:1	5.5	1	4.7	0.00815	1.63
0.5:1	5.5	1	4.9	0.00849	1.70
1.5:0.5	5.5	1	9.0	0.01560	3.12
1:1	5.5	1	7.8	0.01352	2.70
โซเดียมออกซาเลต 1 M					
1:0.5	5.5	1	0.4	0.00069	0.14
2:1	5.5	1	0.9	0.00156	0.31
0.5:1	5.5	1	0.7	0.00121	0.24
1.5:0.5	5.5	1	2.0	0.00347	0.69
1:1	5.5	1	3.8	0.00659	1.32

ตารางที่ 4.17 ปริมาณโครเมียมทั้งหมดที่สกัดได้

อัตราส่วน NaCl(g):CH ₃ COOH(mL) ต่อเลน 2 g	ปริมาณ โครเมียมที่สกัดได้ทั้งหมด (%)
โซเดียมอะซิเตต 1M	
1:0.5	11.29
2:1	15.40
0.5:1	16.26
1.5:0.5	15.70
1:1	14.62
โซเดียมออกซาลเลต 1 M	
1:0.5	7.77
2:1	9.46
0.5:1	9.43
1.5:0.5	3.74
1:1	9.04

จากตารางที่ 4.17 แสดงว่าตะกอนที่ได้จากการกำจัดแคลเซียมด้วยอัตราส่วนของ NaCl:CH₃COOH = 0.5:1 นำมาสกัดโครเมียมได้มากถึง 16.26 % ด้วยสารละลายโซเดียมอะซิเตต 1 M

2.2 การไฮโดรไลซิสตะกอนเพื่อหาปริมาณโครเมียมในตะกอนที่เหลืออยู่

เมื่อสกัดด้วย chelating agent 2 ครั้งแล้ว นำตะกอนที่เหลือมาไฮโดรไลซิสด้วยกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้นเพื่อหาปริมาณโครเมียมที่เหลืออยู่ในตะกอน ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 การไฮโดรไลซิสตะกอนเพื่อหาปริมาณโครเมียมในตะกอนที่เหลืออยู่

อัตราส่วน NaCl(g):CH ₃ COOH(mL) ต่อเลน 2 g	สารละลาย ทั้งหมด (mL)	สารละลาย ตัวอย่าง (mL)	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₃ 0.1M ที่ใช้ (mL)	ปริมาณ Cr ในสารละลาย ตัวอย่าง (g)	โครเมียมที่ เหลือในเลน (%)
โซเดียมอะซิเตต 1M					
1:0.5	3.7	1	0.1	0.00076	0.28
2:1	3.5	1	0.1	0.00083	0.29
0.5:1	3.7	1	0.05	0.00035	0.13
1.5:0.5	3.7	1	0.1	0.00080	0.29
1:1	3.8	1	0.45	0.00290	1.10
โซเดียมออกซาลเลต 1 M					
1:0.5	4.9	1	0.15	0.00083	0.41
2:1	5.5	1	0.1	0.00062	0.34
0.5:1	5.3	1	0.05	0.00028	0.15
1.5:0.5	5.4	1	0.1	0.00056	0.30
1:1	5.2	1	0.2	0.00088	0.46

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าในเศษหนังฟอกมีโครเมียมอยู่ 4.18 % และมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก จึงต้องมีการแยกโปรตีนออกไปก่อนเพื่อที่จะทำให้แยกโครเมียมออกมาได้ง่ายขึ้น จากการทดลองจึงเลือกใช้ CaO 3% ในการแยกโปรตีนซึ่งสามารถแยกออกมาได้มากที่สุดและมีโครเมียมเจือปนอยู่น้อยมาก

เมื่อแยกโปรตีนแล้วจะเหลือเพียงเศษหนังที่มีโครเมียมและ CaO เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเรียกเศษหนังฟอกที่แยกโปรตีนแล้วมีลักษณะเหมือนเลนจึงเรียกว่า เลน ในเลนจะมีโครเมียมอยู่ 20.9% จึงทำการแยกโครเมียมออกโดยนำเลนมาสกัดโครเมียมด้วยโซเดียมออกซาลेटหรือโซเดียมอะซิเตต (Chelating Agent) แต่ไม่สามารถสกัดโครเมียมออกมาได้ทั้งหมด เพราะแคลเซียมจะเกิดปฏิกิริยากับ Chelating Agent แทนโครเมียม จึงต้องกำจัดแคลเซียมออกก่อน โดยนำเลนมาทำการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ผสมกรดอะซิติก นำตะกอนที่ได้จากการกำจัดแคลเซียมไปสกัดด้วยโซเดียมออกซาลेटหรือโซเดียมอะซิเตตอีกครั้ง ซึ่งสามารถสกัดโครเมียมออกมาได้ดีที่สุดเมื่อใช้ NaCl : Acetic Acid = 0.5 : 1 และเมื่อใช้สารละลายโซเดียมอะซิเตต 1 M ในการสกัดโครเมียมสามารถสกัดได้มากถึง 16.26% ของเลนแห้ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] L.F. Cabezaa et.al. **Processing of leather waste: pilot scale studies on chrome shavings. Isolation of potentially valuable protein products and chromium** , Waste Management 18 (1998) 211-218.
- [2] Changdao Mu et.al. **Towards zero discharge of chromium-containing leather waste through improved alkali hydrolysis**, Waste Management 23 (2003) 835–843.
- [3] Ammar Malek, Messaoud Hachemi, Villemin Didier, **New approach of depollution of solid chromium leather waste by the use of organic chelates Economical and environmental impacts** , Journal of Hazardous Materials 170 (2009) 156–162 .
- [4] Abass. Esmacili, Alireza. Mesdaghi nia, and Reza, **Vazirinejad Chromium (III) Removal and Recovery from Tannery Wastewater by Precipitation Process**, American Journal of Applied Sciences 2 (10): 1471-1473, 2005.
- [5] Mehmet Erdem, **Chromium recovery from chrome shaving generated in tanning process**, Journal of Hazardous Materials B129 (2006) 143–146
- [6] Ammar Malek, Messaoud Hachemi, Villemin Didier, **Chromium recovery from chrome shaving generated in tanning process** , Journal of Hazardous Materials B129 (2006) 143–146.
- [7] Aline Dettmer et.al. **Production of basic chromium sulfate by using recovered chromium from ashes of thermally treated leather** , Journal of Hazardous Materials 176 (2010) 710–714.
- [8] Nasiman Saparia, Azni Idrisb, Noor Hisham Ab. HamidC ,**Total removal of heavy metal from mixed plating rinse wastewater** , Desalination 106 (1996) 4 19-422.
- [9] B.D. Pandey , G. Cote b, D. Bauer , **Extraction of chromium (III) from spent tanning baths** , Hydrometallurgy 40 (1996) 343-357.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [10] M. A. Fonseca Almeida and Rui A. R. Boaventura, **Chromium precipitation from tanning spent liquors using industrial alkaline residues :a comparative study** , PII: S0956-053X(97)10006-X
- [11] Iva Rezic' , Michaela Zeiner, **Determination of extractable chromium from leather** , Monatsh Chem (2009) 140:325–328.
- [12] J.C. Kuriacose, J. Rajaram, **The Physical Chemistry of Inorganic Qualitative Analysis**, Department of Chemistry Indian Institute of Thechnology.
- [13] Joseph Nordman, **Qualitative Testing and Inorganic Chemistry**, Newyork John Wiley & Sons, Inc. London Chapman & Hall, Ltd.
- [14] G.H.Jeffrey et.al. **VOGEL'S -textbook of quantitative chemical analysis (5th edition longmann) John Wiley & Sons, Inc. , Newyork.**
- [15] G.Svehla, **VOGEL'S -textbook of Macro and Semimicro Quanlitative Inorganic analysis (5th edition longmann), Inc. , Newyork.**
- [16] ฉัฐพร ธนวัฒน์ และ รพีพร ศรีวิษณุจร. 2547. การผลิตเจลาตินจากหนังปลานิล. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.
- [17] อธิยา ภูชนกิจ และ อุดมลักษณ์ ภักดีภิญโญ. 2537. การสกัดเจลาตินจากเศษกระดูกไก่. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.
- [18] <http://www.pcd.go.th.mht>
- [19] www.diw.go.th/km/factory/pdf/ฟอกหนัง.pdf
- [20] www.technicphotharam.com/research/research-2/research-2.doc
- [21] www.kmitl.ac.th/~kkarunee/ANALAB8%20Present147.pdf
- [22] <http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/cromium/cromiumn.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [23] <http://th.wikipedia.org>
- [24] http://www.thaitextile.org/leatherweb/update_17_12_02/2_structure.doc
- [25] <http://images.teachertop.multiply.multiplycontent.com/attachment/0/SvjukAoKCCkAADcgEDk1.pdf>
- [26] http://en.wikipedia.org/wiki/Ion-exchange_resin



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



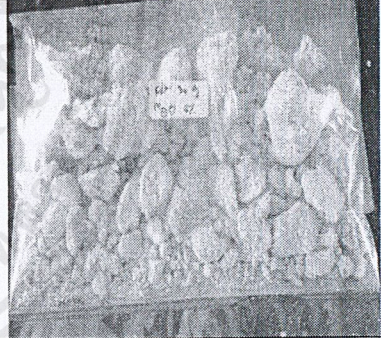
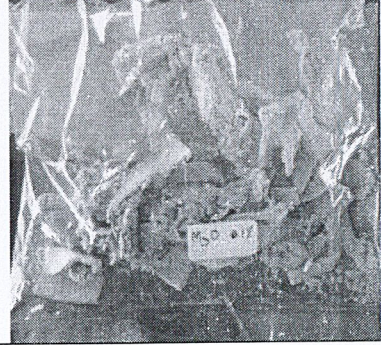
ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 แสดงลักษณะเศษหนังหลังจากการย่อย

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณหนัง (g)	ลักษณะหนังก่อนย่อย	ลักษณะหนังหลังย่อย	รูป
MgO	4	10	ชิ้นหนังมีสีเขียว	ตะกอนสีขาวติดอยู่กับชิ้นหนังอยู่มาก	
MgO	6	10	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยเป็นเศษๆ มากจนเกาะกันเป็นก้อน มีตะกอนสีขาวติดอยู่เป็นจำนวนมาก	
MgO	8	10	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยละเอียดมาก มีตะกอนสีขาวติดอยู่กับเศษหนังจำนวนมาก	
MgO	1	30	ชิ้นหนังมีสีเขียว	มีตะกอนสีขาวติดอยู่กับชิ้นหนังเล็กน้อย	


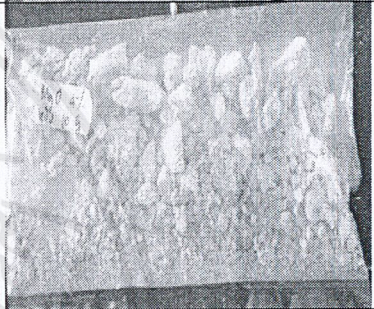

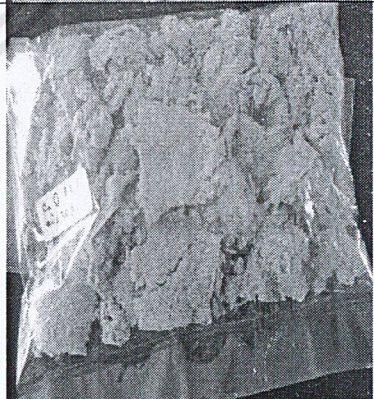
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงลักษณะเศษหนังหลังจากการย่อย (ต่อ)

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณหนัง (g)	ลักษณะหนังก่อนย่อย	ลักษณะหนังหลังย่อย	รูป
MgO	2	30	ชิ้นหนังมีสีเขียว	มีตะกอนสีขาวติดกับชิ้นหนัง	
MgO	3	30	ชิ้นหนังมีสีเขียว	มีตะกอนสีขาวติดกับชิ้นหนังจำนวนมาก	
MgO	4	30	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยละเอียดมาก มีตะกอนสีขาวเกาะเศษหนังเป็นจำนวนมาก	
MgO	0.1	30	ชิ้นหนังมีสีเขียว	มีตะกอนสีขาวติดอยู่กับชิ้นหนัง	




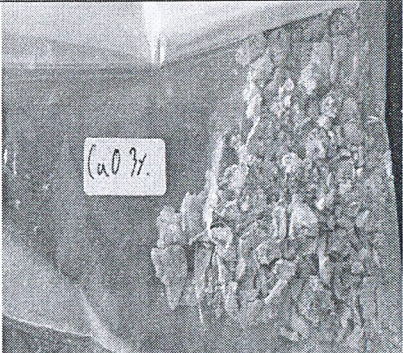
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงลักษณะเศษหนังหลังจากการย่อย (ต่อ)

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณหนัง (g)	ลักษณะหนังก่อนย่อย	ลักษณะหนังหลังย่อย	รูป
MgO	4	40	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยละเอียดมาก มีตะกอนสีขาวเกาะเศษหนังเป็นจำนวนมาก	
MgO	4	10	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยละเอียดมาก มีตะกอนสีขาวเกาะเศษหนังเป็นจำนวนมาก	
CaO	0.1	30	ชิ้นหนังมีสีเขียว	ตะกอนสีขาวติดอยู่กับชิ้นหนังเล็กน้อย	
CaO	0.1	30	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยอย่างละเอียด มีตะกอนสีขาวติดเป็นจำนวนมาก	



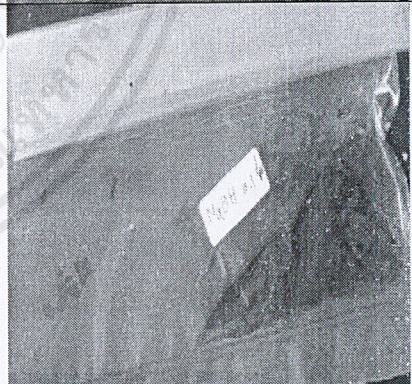

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงลักษณะเศษหนังหลังจากการย่อย (ต่อ)

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณหนัง (g)	ลักษณะหนังก่อนย่อย	ลักษณะหนังหลังย่อย	รูป
CaO	0.5	30	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยเป็นเศษเล็กๆ มีตะกอนสีขาวติดอยู่มาก	
CaO	1	30	ชิ้นหนังมีสีเขียว	มีตะกอนสีขาวเพียงเล็กน้อย	
CaO	2	30	เศษหนังมีสีเขียว	มีตะกอนสีขาวเพียงเล็กน้อย หนังถูกย่อยเป็นเศษเล็กๆ	
CaO	3	30	ชิ้นหนังมีสีเขียว	มีตะกอนสีขาวติดกับเศษหนังเพียงเล็กน้อย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงลักษณะเศษหนังหลังจากการย่อย (ต่อ)

สารเคมี	ความเข้มข้น (M)	ปริมาณหนัง (g)	ลักษณะหนังก่อนย่อย	ลักษณะหนังหลังย่อย	รูป
NaOH	0.05	30	หนังมีสีเขียว	หนังมีลักษณะเป็นชิ้นและไม่มีตะกอนสีขาวติดกับหนัง	
NaOH	0.05	30	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยเป็นเศษเล็กๆ	
NaOH	0.1	30	หนังมีสีเขียว	มีทั้งหนังที่เป็นชิ้นและที่ถูกย่อยเป็นเศษเล็กน้อย	
NaOH	0.1	30	เศษหนังมีสีเขียว	หนังถูกย่อยละเอียดมากและมีสีเขียว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าการละลายของสารเคมี

การแตกตัวของสารเคมี	K_{sp}	Formula Weight
$\text{Ca(OH)}_2 = \text{Ca}^{+2} + 2\text{OH}^-$	1.3×10^{-6}	74.10
$\text{Mg(OH)}_2 = \text{Mg}^{+2} + 2\text{OH}^-$	8.9×10^{-2}	58.34
$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{+2} + \text{C}_2\text{O}_4^{-2} + \text{H}_2\text{O}$	1.3×10^{-9}	146.12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

ค.1 การหาปริมาณโปรตีนในเศษแห้ง

จากตารางที่ 4.3 ใช้ MgO ในการย่อยเศษแห้ง 30 กรัม พบว่าได้โปรตีน 5.62 กรัม แสดงว่าในเศษแห้งแห้ง 15 กรัม มีโปรตีน 5.62 กรัม คิดเป็น % yield = $\frac{5.62 \times 100}{15} = 37.5\%$ ของเศษแห้งแห้ง

ค.2 การหาปริมาณความชื้นในเลน

วิธีการทดลอง หาปริมาณความชื้นในเลน

- 1.1 นำเลนที่เตรียมไว้ 5 กรัม ไปควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 1.2 นำเลนที่อบเสร็จแล้ว ชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความชื้นในเลน

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 น้ำหนักเลนก่อนและหลังอบ

น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)
5	1.8

หาปริมาณความชื้นได้โดย

$$\frac{3.2}{5} \times 100 = 64\%$$

สรุปได้ว่าในเลนที่ใช้ในการสกัด โครเมียมนั้นมีความชื้นประมาณ 64%

ค.3 การคำนวณเพื่อหาปริมาณโครเมียมเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองเพื่อหาปริมาณ โครเมียมเริ่มต้น

วิธีที่ 1 หาปริมาณโครเมียมในแห้ง

มวลโมเลกุล โครเมียม = 52 g/mol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0.1 \text{ M}$

ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรต = 1.5 mL

แทนค่าในสมการที่ (12) เพื่อหาปริมาณโครเมียมได้ดังนี้

$$\frac{1}{3} \times \frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times MW_{\text{Cr}^{3+}}}{1,000} = \frac{1}{3} \times \frac{0.1 \times 1.5 \times 52}{1,000}$$

$$= 0.0026 \text{ g Cr}^{3+}$$

สารละลายทั้งหมด 10 mL จึงมีปริมาณโครเมียม = 0.209 g Cr^{3+}

$$\therefore \text{จะได้ปริมาณโครเมียมในหนัง} \frac{0.209 \times 100}{5} = 4.18 \%$$

เมื่อพิจารณาว่าในหนังฟอกมีโครเมียม 4.18 % (จากการทดลอง) เมื่อนำมาย่อยด้วย CaO จะได้ว่า

หนัง 10 kg ใช้ CaO 1 kg จะได้เลนแห้ง 2 kg ซึ่งมี Cr 0.418 kg

หนังแห้ง 5 kg ใช้ CaO 1 kg จะได้เลนแห้ง 2 kg มี Cr 0.418 kg = 20.9 % Cr ในเลนแห้ง

\therefore ในเลนจะมีโครเมียมอยู่ 20.9 % ซึ่งเป็นปริมาณที่จะทำการแยกโครเมียมออกมา

ก.4 การคำนวณปริมาณโครเมียมในเลนที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด

วิธีที่ 1 การทดลองไฮโดรไลซ์ด้วยกรด

ตัวอย่างการคำนวณ	ครั้งที่ 1 ชั่วโมงที่ 1	ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง	= 1 mL
		ปริมาตรสารละลายทั้งหมด	= 4 mL
		ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรต	= 3.1 mL

แทนค่าในสมการที่ (12) เพื่อหาปริมาณโครเมียมได้ดังนี้

$$\frac{1}{3} \times \frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times MW_{\text{Cr}^{3+}}}{1,000} = \frac{1}{3} \times \frac{0.1 \times 3.1 \times 52}{1,000}$$

$$= 0.00537 \text{ g Cr}^{3+}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ จะได้ปริมาณ โครเมียมในเลนที่สกัดออกมาได้ $\frac{0.00537 \times 4}{2.5} \times 30 \times 5 = 1.29 \%$

ค.5 การคำนวณปริมาณโครเมียมจากการละลายโครเมียมด้วย chelating agent

วิธีที่ 2 การละลายโครเมียมด้วย chelating agent

2.1 การกำจัดแคลเซียม

ในการกำจัดแคลเซียมเมื่อทิ้งสารไว้จะเกิดการตกตะกอน โดยนำสารละลายมาหาปริมาณโครเมียม ส่วนตะกอนจะนำไปสกัดโครเมียมด้วยโซเดียมออกซาเลตและโซเดียมอะซีเตต

ตัวอย่าง การคำนวณหาปริมาณโครเมียมในสารละลายที่เกิดจากการกำจัดแคลเซียม

ที่ $\text{NaCl} : \text{CH}_3\text{COOH} = 0.5 : 1$ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง = 1 mL
 ปริมาตรสารละลายทั้งหมด = 6 mL
 ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรต = 0.8 mL

แทนค่าในสมการที่ (12) เพื่อหาปริมาณโครเมียมได้ดังนี้

$$\frac{1}{3} \times \frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times MW_{\text{Cr}^{3+}}}{1,000} = \frac{1}{3} \times \frac{0.1 \times 0.8 \times 52}{1,000}$$

$$= 0.00139 \text{ g Cr}^{3+}$$

∴ จะได้ปริมาณ โครเมียมในเลนที่สกัดออกมาได้ $\frac{0.00139 \times 4.25}{2.5} \times 6 \times 50 = 0.71 \%$

แสดงว่าในการกำจัดแคลเซียมจะมีปริมาณโครเมียมออกมาในปริมาณที่น้อยมาก

ตัวอย่าง การคำนวณหาปริมาณโครเมียมเมื่อสกัดตะกอนด้วยโซเดียมอะซีเตต 1 M

ที่ $\text{NaCl} : \text{CH}_3\text{COOH} = 0.5 : 1$ ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง = 1 mL
 ปริมาตรสารละลายทั้งหมด = 5.5 mL
 ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรต = 2.5 mL

แทนค่าในสมการที่ (12) เพื่อหาปริมาณโครเมียมได้ดังนี้

$$\frac{1}{3} \times \frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times MW_{\text{Cr}^{3+}}}{1,000} = \frac{1}{3} \times \frac{0.1 \times 2.5 \times 52}{1,000}$$

$$= 0.0043 \text{ g Cr}^{3+}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ จะได้ปริมาณโครเมียมในเลนที่สกัดออกมาได้ $0.0043 \times 5.5 \times 50 \times 2 = 2.38 \%$

ตัวอย่าง การคำนวณการหาแคลเซียมในสารละลายที่สกัดด้วยโซเดียมอะซีเตต

จากสมการที่ (13) แสดงให้เห็นว่า



ปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ทั้งหมด = 6 mL

ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง = 1 mL

ปริมาตร EDTA ที่ใช้ = 13 mL

$$M_{\text{EDTA}} V_{\text{EDTA}} = M_{\text{Ca}^{2+}} V_{\text{Ca}^{2+}}$$

$$(0.01 \text{ mol/L})(1 \text{ L}/1000\text{mL})(12.9 \text{ mL}) = C_{\text{Ca}^{2+}}(1 \text{ L}/1000\text{mL})(1 \text{ mL})$$

$$M_{\text{Ca}^{2+}} = 0.129 \text{ M}$$

$$M_{\text{Ca}^{2+}} = 5.16 \text{ g Ca}^{2+}/\text{L}$$

∴ ความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายทั้งหมด = $(5.16 \text{ g Ca}^{2+}/\text{L})(6 \text{ mL}) = 30.96 \text{ g Ca}^{2+}/\text{L}$