ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กฟ
ว58

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

เรื่องที่ 2
การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในหนังฟอก

โดย
นางเปรมใจ อรรถกิจการค้า
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 2
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในหนังฟอกอาศัยวิธี Kjeldahl method โดยนำมาย่อยด้วยกรดซัลฟูริคและตัวเร่ง เพื่อเปลี่ยนไนโตรเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ให้อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนีย จากนั้นนำไปกลั่นในสภาวะด่าง โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดจะถูกกลั่นออกมาแต่เนื่องจากแอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายจึงจำเป็นต้องจับไว้ โดยให้แอมโมเนียที่กลั่นออกมาทำปฏิกริยากับสารละลายกรดบอริคอิ่มตัวหรือสารละลายกรดซัลฟูริค ถ้าใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวจับแอมโมเนียจะนำสารที่ได้ไปไตรเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริคที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน ถ้าใช้สารละลายกรดซัลฟูริคจับแอมโมเนียจะนำสารที่ได้ไปไตรเตรทกับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

ผลงานนี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการให้แอมโมเนียทั้งหมดที่กลั่นได้ทำปฏิกริยากับสารละลายกรดบอริคอิ่มตัวและสารละลายกรดซัลฟูริคเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างข้อดีข้อเสียของทั้งสองวิธี พบว่าทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สามารถนำเอาวิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมาใช้แทนกันได้ ให้ผลวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องแม่นยำเท่าเทียมกัน โดยที่วิธีที่ใช้กรดบอริคจะมีราคาแพงกว่าแต่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวิธีที่ใช้กรดซัลฟูริค

เลขหมู่ วฟ
ภพ
อ058
เลขทะเบียน 10336
วันที่ 9 ม.ค. 44
0028-69460

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
ปรมาภิ อมรพงศ์

ภรมวิทยาศาสตร์บริการ
กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		
สารบัญตาราง		ก
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ปัญหาและที่มาของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
	1.5 ระยะเวลาดำเนินการ	2
บทที่ 2	พื้นฐานความรู้	3
บทที่ 3	วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	8
บทที่ 4	ผลการศึกษาทดลอง	11
บทที่ 5	วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	15
กิตติกรรมประกาศ		19
เอกสารอ้างอิง		20
ภาคผนวก ก	การทดสอบแบบเอฟ	21
ภาคผนวก ข	วิธีคำนวณหาค่า เอฟ	23
ภาคผนวก ค	การคำนวณราคาค่ากรดซัลฟูริค และกรดบอริคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ต่อหนึ่งตัวอย่าง	24

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวและ สารละลายกรดซัลฟูริคในหนังพื้นชั้นใน	12
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวและ สารละลายกรดซัลฟูริคในหนังหน้ารองเท้า	13
ตารางที่ 3 ค่าเอฟที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	22

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของปัญหา

ในรอบหลายปีที่ผ่านมา ภาคอุตสาหกรรมของไทยนับว่าเป็นภาคเศรษฐกิจหนึ่งที่มีอัตราการเจริญเติบโตและขยายตัวสูงทั้งทางด้านเทคโนโลยีและเทคนิคการผลิต ทำให้โครงสร้างการส่งออกของประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลง จากการเป็นประเทศที่มีการส่งออกสินค้าการเกษตรเป็นหลักมาเป็นประเทศส่งออกสินค้าอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องหนังของไทย นับเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่ส่งไปขายในตลาดโลกที่มีศักยภาพการผลิตสูงโดยที่ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เครื่องหนังและหนังฟอกของไทยได้รับความนิยมในตลาดโลกมากขึ้น จากวิวัฒนาการของผลิตภัณฑ์หนังนับจากการเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนมาสู่การผลิตในรูปโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย มีการดัดแปลงการผลิตให้สั้นและประหยัด ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น และพัฒนาคุณภาพให้ดีขึ้น จนมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของตลาดโลกซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องหนังของไทยเหล่านี้ส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบหลัก คือ หนังโคและหนังกระบือนำมาฟอกซึ่งหนังเหล่านี้ได้มาจากตามท้องถิ่นส่วนต่างๆของประเทศไทยโดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การตรวจสอบคุณภาพของหนังฟอกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานจึงมีความสำคัญควบคู่กันไปกับการผลิตเพื่อให้ได้ ผลิตภัณฑ์ที่สามารถแข่งขันและเป็นที่ยอมรับของตลาดโลกได้ การควบคุมปริมาณน้ำยาฟอกก็เป็นการตรวจสอบคุณภาพอย่างหนึ่งแต่การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำยาฟอกไม่สามารถวิเคราะห์ได้โดยตรงต้องคำนวณจากปริมาณแทนนินและปริมาณหนังสุทธิ ซึ่งปริมาณหนังสุทธิ จะต้องทำการวิเคราะห์จากปริมาณไนโตรเจน X 5.62 ดังสูตรต่อไปนี้

ร้อยละปริมาณหนังสุทธิ = ร้อยละปริมาณไนโตรเจน x 5.62

ปริมาณน้ำยาฟอก = (ร้อยละของปริมาณแทนนิน/ร้อยละของปริมาณหนังสุทธิ) x 100

เมื่อ ปริมาณแทนนิน = 100 – ปริมาณความชื้น – เถ้าที่ไม่ละลายในน้ำ - ไขมัน – สารที่ละลายน้ำ – ปริมาณหนังสุทธิ

หมายเหตุ โปรตีน (Collagen) ในหนังสัตว์จะมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 17.8 ดังนั้นปริมาณไนโตรเจน 1 กรัมจะมีปริมาณโปรตีน (หนังสุทธิ) 5.62 กรัม (100 / 17.8)

เนื่องจากหนังสัตว์มีราคาแพงปัจจุบันจึงได้มีผู้ทำหนังเทียมเลียนแบบหนังฟอกเพื่อให้ดูเหมือนหนังแท้มาใช้ทดแทนกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งหนังเทียมเหล่านี้ได้แก่ หนังเทียมพีวีซีหรือหนังเทียมโพลียูริเทน แต่หนังเทียมเหล่านี้ไม่สามารถให้สมบัติด้านการถ่ายเทความชื้นและอากาศได้เหมือนหนังแท้ ดังนั้นหนังแท้จึงยังคงเป็นที่นิยมกันอยู่

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl Method ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl method โดยให้แอมโมเนียที่กลั่นออกมาทำปฏิกริยากับสารละลายกรดบอริคอิ่มตัว (boric acid) และสารละลายกรดซัลฟูริค (sulfuric acid)

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อให้ได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม รวดเร็ว
2. เพื่อเผยแพร่ความรู้ให้แก่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของเอกชนและหน่วยงานของรัฐบาล

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินการ

สิงหาคม 2540 – กรกฎาคม 2541

บทที่ 2
พื้นฐานความรู้

2.1 กระบวนการผลิตหนังฟอก

วัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมฟอกหนัง คือ หนังสัตว์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการฆ่าสัตว์หนังสัตว์ส่วนใหญ่ที่นิยมนำมาฟอก ได้แก่ หนังโค กระบือ และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่างๆซึ่งแหล่งเลี้ยงโค กระบือที่สำคัญของประเทศ คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หลักใหญ่ของการฟอกหนัง คือ ใช้เคมีภัณฑ์ไปทำปฏิกิริยากับโปรตีน collagen ที่มีอยู่ในชั้นหนังแท้เพื่อเปลี่ยนสภาพจากหนังดิบ (Hide) เป็นหนังฟอก (Leather)

หนังดิบประกอบด้วยน้ำ60–70%ของน้ำหนัก โปรตีนประมาณ 35% ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่จำนวนเล็กน้อย หนังสัตว์สามารถแบ่งออกเป็นชั้นๆได้ 3 ชั้น คือ

1. หนังกำพร้า (Epidermis) คือหนังที่หุ้มอยู่ภายนอกสุด มีความหนาประมาณ 0.5 - 2.0% ของความหนาของหนังสัตว์

2. หนังแท้ (Corium หรือ Derma) คือหนังส่วนที่จะนำไปฟอกอยู่ใต้หนังกำพร้า มีความหนาประมาณ 95 – 98% ของความหนาของหนังสัตว์ หนังชั้นนี้มีโปรตีน collagen เป็นส่วนประกอบสำคัญ เป็นชั้นที่นำไปฟอก

3. หนังชั้นล่างที่ติดกับเนื้อ (Hypodermis) หนังชั้นนี้ประกอบด้วยไขมัน ซึ่งคั่นระหว่างเนื้อกับหนังสัตว์หนาประมาณ 1 – 5% ของความหนาทั้งหมด

2.1.1 การรักษาหนังดิบ

การฟอกหนังสัตว์มิได้ฟอกหนังสดซึ่งได้จากโรงฆ่าสัตว์โดยตรง เนื่องจากต้องรวบรวมหนังดิบจากแหล่งต่างๆเพื่อมาสู่โรงงานฟอกอีกทีหนึ่ง ฉะนั้นการรักษาหนังดิบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากความชื้นที่มีอยู่ในหนังดิบที่ได้จากการฆ่าสัตว์ถ้าปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดแบคทีเรียได้ง่ายทำให้หนังสัตว์เกิดการเน่าเสียเมื่อนำไปฟอกจะไม่ได้หนังฟอกที่มีคุณภาพดี การรักษาหนังดิบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งวิธีที่นิยมใช้กัน คือ

2.1.1.1 วิธีตากแห้ง (Air drying) คือการทำให้แห้งโดยการผึ่งแดดผึ่งลมวิธีนี้เป็นวิธีที่ทำกันโดยทั่วๆไปแบบอุตสาหกรรมในครอบครัวเป็นวิธีที่ผู้ทำไม่ต้องใช้ความชำนิชำนาญพิเศษ คือ เมื่อชำแหละหนังออกแล้วก็นำหนัง

ไปจัดการขูดพังผืดและเนื้อที่ติดอยู่ออกให้เกลี้ยง วิธีนี้ไม่เหมาะในการทำหนังฟอกที่ดี เพราะโปรตีนบางส่วนของหนังที่ถูกทำให้แห้ง ไม่สามารถทำให้อ่อนตัวลงอีกครั้งหนึ่ง เมื่อนำหนังเข้าสู่การฟอกจึงเป็นการยากในการคัดคุณภาพของหนังแห้ง

2.1.1.2 **วิธีหมักเกลือหรือหมักเค็ม (Salt curing)** วิธีนี้ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นการเก็บรักษาที่ได้หนังที่มีคุณภาพดีกว่าเก็บโดยวิธีอื่น วิธีทำหนังหมักเกลือแบ่งออกได้ 3 วิธี

1. หนังหมักเกลือ (Wet salted hide & skins) ทำโดยนำหนังดิบที่ทำความสะอาดแล้วมาเคล้ากับเกลือจนทั่ว ประมาณ 30 – 50% ของน้ำหนักหนัง พับส่วนริมเข้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกลือหล่นออกจากหนังและควรจัดการเปลี่ยนเกลือที่หมักไว้ประมาณ 15 – 20 วันต่อครั้งเพื่อให้ช่วยรักษาสภาพเดิมอยู่เสมอ

2. หนังเค็มตากแห้ง (Dry salted hides & skins) วิธีนี้ทำเหมือนหนังหมักเกลือเมื่อใส่เกลือครั้งแรกแล้วเอาไปผึ่งแดดให้แห้งวิธีนี้เหมาะสำหรับภูมิประเทศที่มีอากาศแห้ง ส่วนในประเทศที่มีความชื้นสูง จะทำให้เกลือละลายกลายเป็นน้ำและไหลออกจากหนังสัตว์ ก่อนที่เกลือจะซึมเข้าไปถึงชั้นในของหนังจึงควรใช้สารดูดความชื้นจากอากาศเพื่อกันไม่ให้ความชื้นไปละลายเกลือ สารดูดความชื้นที่ใช้คือ แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต (Anhydrous sodium sulphate) ผสมกับเกลือในอัตราส่วน 1 : 5

3. หนังหมักเกลือโดยวิธีแช่น้ำเกลือ (Brining) ทำโดยนำหนังดิบที่ทำความสะอาดแล้วไปแช่น้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 22 – 24 องศาโบเม่เป็นเวลา 12 – 48 ชม. เมื่อนำหนังขึ้นจากบ่อน้ำเกลือก็ใช้เกลือเม็ดเล็กๆโรยผิวหนังด้านเนื้อแล้วจึงพับกองเก็บไว้

ข้อควรระวังก่อนที่จะนำหนังชุดใหม่ไปแช่ในน้ำเกลือ ต้องตรวจดูความเข้มข้นของน้ำเกลือว่ามีมากน้อยเท่าใด ถ้าความเข้มข้นของน้ำเกลือลดลงก็เอาเกลือมาเติมอีก และต้องแน่ใจว่าน้ำเกลือที่ใช้ไม่สกปรกหรือมีสิ่งสกปรกปนอยู่ถ้ามีต้องตักออก ต้มให้เดือดก่อนที่จะนำหนังชุดใหม่ลงไปแช่หรือเทน้ำเกลือทิ้งถ้าสกปรกมากเพราะน้ำเกลือสกปรกเป็นการเสี่ยงต่อการรักษาหนังสัตว์

<u>ข้อดีในการเก็บรักษาโดยวิธีแช่น้ำเกลือ (Brining)</u> คือ

- การรักษาทำได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่นและปราศจากการเน่าเปื่อย
- ไม่เกิดรอยเม็ดเกลืออย่างใช้เกลือโรย เวลาฟอกไม่ต้องล้าง นำไปแช่น้ำได้ทันที
- เมื่อฟอกเสร็จมีสมบัติอ่อนนุ่มดีกว่าการรักษาโดยวิธีอื่น

2.1.1.3 **การเก็บรักษาโดยวิธีอาบน้ำยา (Arsenated hides & skins)** วิธีนี้เป็นวิธีหนึ่งของการตากหนังแต่การนำหนังดิบไปตากแห้งเป็นการไม่ปลอดภัยเพราะจะมีแมลงมาวางไข่ดังนั้นจึงจุ่มหนังดิบในบ่อน้ำยาที่มีส่วนผสมของสารหนู 3 - 5%หลายๆครั้งจึงนำหนังนั้นขึ้นแขวนไว้เหนือบ่อน้ำยาเพื่อให้น้ำยาที่ยังติดหนังหยดจนแห้ง แล้วจึงนำไปตากแห้ง

2.1.1.4 **การดองหนัง (Curing by pickling)** การดองจะต้องผ่านกรรมวิธีหลายขั้น คือ แช่น้ำปูน ขูดขน ถากพังผืด ล้างน้ำปูนล้างผิว แล้วจึงทำการดองได้ส่วนมากนิยมใช้กรดซัลฟูริคและเกลือในอัตราส่วน กรดซัลฟูริค 1.5–2% เกลือ12–15% น้ำ 10 – 15% ต่อน้ำหนักหนัง การดองหนังส่วนมากทำกันในโรงงานฟอกหนังในบางประเทศ เช่น นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย นิยมดองหนังแกะส่งเป็นสินค้าออก

2.1.2 ขบวนการฟอกหนัง

เริ่มต้นจากขั้นเตรียมฟอก โดยนำหนังที่หมักเกลือแล้วไปล้างเพื่อเอาเกลือและสิ่งสกปรกออกและเพื่อให้หนังคืนตัวสู่สภาพธรรมชาติ จากนั้นทำการกำจัดขนและโปรตีนบางชนิดเพื่อให้ได้หนังฟอกที่อ่อนนุ่ม โดยใช้สารเคมีโซเดียมซัลไฟด์ (Sodium sulphide)และปูนขาว (Cao) ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมไฟเบอร์ของหนังให้สามารถทำปฏิกิริยากับสารฟอก เรียกว่าการลงปูน เมื่อหนังลงปูนได้ที่แล้วนำมาถากด้วยเครื่องถาก(Fleshing Machine)เพื่อกำจัดไขมันและพังผืด ต่อจากนั้นนำมาผ่าโดยใช้เครื่องผ่าหนัง (Splitting Machine) เพื่อให้ได้ความหนาที่ต้องการขั้นนี้จะได้หนังผิว (Grain) และหนังท้อง (Split) แล้วจึงนำหนังไปล้างปูนและแช่ในสารละลายเกลือแอมโมเนียมฟอสเฟต หรือคลอไรด์ผสมกับเอ็นไซม์ที่เรียกว่า Bate เพื่อย่อยโปรตีนที่ติดมากับหนัง เป็นเวลา 1 – 3 ชม. (Deliming and Bating)เพื่อเตรียมนำไปฟอกตามประเภทหนังที่ต้องการต่อไป คือ การฟอกโครม (Chrome tanning) และการฟอกฝาด (Vegetable tanning)การฟอกโครมมักใช้กับหนังที่นำไปใช้ในงานเบาๆ (Light Leather) เช่น ทำรองเท้า หุ้ม

เบาะเก้าอี้ เป็นต้น ส่วนการฟอกฝาดใช้สำหรับผลิตหนังที่ใช้กับงานหนัก (Heavy leather) เช่น ใช้ทำพื้นรองเท้า เข็มขัด เป็นต้น

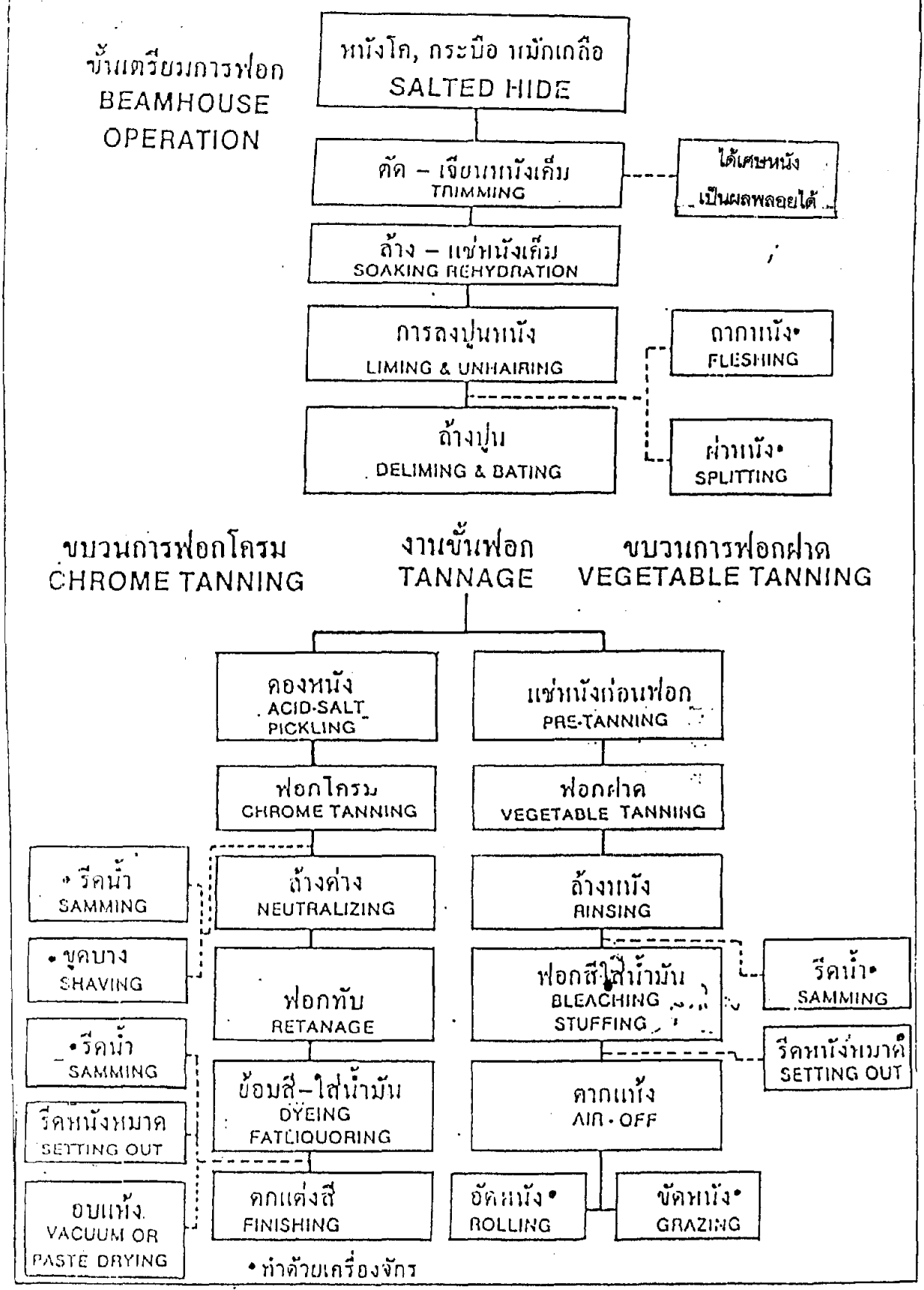
2.1.2.1 <u>การฟอกโครม (Chrome Tanning)</u>

หนังที่ผ่านกรรมวิธีขั้นตอนการล้างปูน (Deliming and Bating) แล้วจะนำไปดอง (Pickling) โดยใช้กรดและเกลือเพื่อ ปรับความเป็นกรดด่างให้ได้ประมาณ 2.7 – 3.5 ตามต้องการแล้วเติมผงโครม (Basic chromium sulphate) เพื่อทำปฏิกิริยากับหนังเพื่อให้หนังเปลี่ยนสภาพจากหนังดิบเป็นหนังฟอกเมื่อหนังฟอกถึงขั้นนี้แล้วจะมีสีฟ้าเรียกหนัง Wet Blue หนังนี้จะไม่เน่า จากนั้นนำไปรีดน้ำออกให้แห้งด้วยเครื่อง Samming Machine แล้วนำไปขูดบาง (Shaving) เพื่อปรับให้มีความหนาเสมอตลอดแผ่น หลังจากนั้นนำไปฟอกทับ (Retannage) เพื่อปรับสภาพหนังให้ผิวแน่นขึ้น ย้อมสีให้ได้ตามต้องการใส่น้ำมันเพื่อให้หนังนิ่ม (Dyeing & Fatliquoring) แล้วนำไปตากแดดให้แห้งหรือใช้วิธีอบให้แห้งโดยใช้เตาอบ จากนั้นนำมาตกแต่งตามความต้องการของตลาดและส่งออกขายต่อไป

2.1.2.2 <u>การฟอกฝาด (Vegetable tanning)</u>

ในการฟอกฝาดหนังที่ผ่านการล้างปูน (Deliming & Bating) จะถูกนำมาทำลายฤทธิ์ด่าง (Neutralization) แล้วจึงนำไปแช่ในบ่อฟอกฝาด สารเคมีที่ใช้ในการฟอกฝาดเป็นสารเคมีที่สกัดได้จากพืชเรียกว่าสารฟอกฝาดหรือแทนนิน (tannin) นอกจากจะสกัดได้จากพืชแล้วยังอาจสังเคราะห์ทางเคมีได้เรียกว่า Syntan เนื่องจากแทนนินมีราคาสูงกว่าพวกโครมเมื่อใช้แล้วจึงไม่ปล่อยทิ้งออกไป แต่จะคอยเติมเพิ่มลงไปเพื่อใช้ฟอกต่อไปไม่มีที่สิ้นสุด หนังที่ผ่านการฟอกฝาดแล้ว จะถูกนำเข้าเครื่องปั่นเพื่อล้าง (Rinsing) เอาแทนนินที่เหลือออกแล้วจึงนำมารีดน้ำ(Samming) แล้วนำไปฟอกสีและใส่น้ำมัน (Bleaching and Stuffing) รีดหมาด (Setting out) แล้วจึงนำไปตากแห้งหลังจากนั้นนำมาขัดผิวด้วยเครื่องขัดมัน (Glazing machine) เพื่อตกแต่งผิว

กรรมวิธีผลิตหนังสำเร็จรูป



บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องมือ

1. เครื่องย่อย
2. เครื่องกลั่นแอมโมเนีย
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าที่มีความละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าที่มีความละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.1.2 อุปกรณ์

1. บูเร็ท (Burette) ขนาด 25 ซีซี
2. ฟลาสก์ (Flask) ขนาด 500 ซีซี
3. ขวดย่อย
4. ขวดกลั่น
5. ปิเปต (Pipette)
6. ลูกยาง

3.1.3 สารเคมี

1. กรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ความถ่วงจำเพาะ 1.84
2. แอนไฮดรัสโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
3. แอนไฮดรัสคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)
4. ฟีนอล์ฟทาลีน (1%phenolphthalein in ethyl alcohol)
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 45
6. สารละลายกรดบอริคอิ่มตัว (ประมาณ 20 กรัมต่อลิตร)
7. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (0.06% methyl red + 0.04 % methylene blue in 95 % v/v ethanol)
8. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2นอร์มัล (0.2 N NaOH)
9. น้ำตาลทราย (Sucrose)
10. เมทิลเรดอินดิเคเตอร์
11. สารละลายมาตราฐานกรดซัลฟูริค 0.2 นอร์มัล (0.2 N H_2SO_4)
12. สารละลายกรดไฮโดรคลอริค 0.2 นอร์มัล (0.2 N HCl)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1.วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยผ่านแอมโมเนียที่ได้ลงในสารละลายกรดบอริคอิ่มตัว

(1) ชั่งตัวอย่างหนักประมาณ 0.5 กรัมใส่ลงในขวดย่อย

(2) เติมแอนไฮดรัสโปตัสเซียมซัลเฟต 5 กรัม แอนไฮ ดรัสคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัมและกรดซัลฟูริคเข้มข้น 18 ซีซีแล้วนำไปย่อยบนเครื่องย่อยจนสารละลายที่ได้ใสไม่มีสีทำให้เย็นลง

(3) หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 2 - 3 หยดลงไป

(4) ต่อขวดย่อยเข้ากับเครื่องกลั่น แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 45 ลงไปให้มากเกินพอจะได้ก๊าซแอมโมเนีย

(5) ผ่านแอมโมเนียลงในสารละลายกรดบอริคอิ่มตัว 150 ซีซี ที่มีสารละลายอินดิเคเตอร์ผสมอยู่จะได้สารละลายเป็นสีเขียว

(6) เมื่อกลั่นแอมโมเนียออกมาหมดแล้ว นำสารละลายกรดบอริคที่ได้ไปไตเตรทกับสารละลายมาตราฐานกรดไฮโดรคลอริคข้น 0.2 นอร์มัลจนได้สีชมพู

(7) ทำแบลงก์โดยใช้น้ำตาลทรายแทนตัวอย่าง

ปฏิกริยาที่เกิดขึ้น

$$NH_3 + H_3BO_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + H_2BO_3^-$$

$$H_2BO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_3BO_3$$

คำนวนหาเปอร์เซนต์ไนโตรเจนตามสูตร

ปริมาณไนโตรเจน,ร้อยละของน้ำหนัก $= \frac{(A-B)N_a \times 14}{W}$

เมื่อ A = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้กับตัวอย่างเป็นซีซี

B = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้กับแบลงก์เป็นซีซี

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

น้ำหนักของไนโตรเจนที่ได้มาคำนวณหาปริมาณหนังสุทธิ ดังนี้

ปริมาณหนังสุทธิ,ร้อยละของน้ำหนัก = ปริมาณไนโตรเจนx5.62

3.2.2วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยผ่านแอมโมเนียที่ได้ลงในสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค

(1) ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1. ตั้งแต่ข้อ (1) - (4)

(2) ผ่านแอมโมเนียลงในสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟู

ริคเข้มข้น 0.2 นอร์มัล 50 ซีซีที่มีเมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์จะได้สารละลายสีแดง

(3) นำสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริคไปไตรเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์มัลจนได้สีเหลือง

(4) ทำแบลงก์โดยใช้น้ำตาลทรายขาวแทนตัวอย่าง

ปฏิกริยาที่เกิดขึ้น

$2NH_3 + 2H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + H_2SO_4$(ที่มากเกินพอ)

H_2SO_4(ที่มากเกินพอ) + $2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

คำนวนหาเปอร์เซนต์ไนโตรเจนตามสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน,ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(A-B)N \times 1.4}{W}$$

เมื่อ A = ปริมาณสารละลายมาตราฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับแบลงก์เป็นซีซี

B = ปริมาณสารละลายมาตราฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับตัวอย่าง เป็นซีซี

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตราฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นนอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

นำน้ำหนักของไนโตรเจนที่ได้มาคำนวณหาปริมาณหนังสุทธิ ดังนี้

ปริมาณหนังสุทธิ,ร้อยละของน้ำหนัก = ปริมาณไนโตรเจน x 5.62

หมายเหตุ เนื่องจากน้ำตาลทรายเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ส่วนหนังสัตว์เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนและไนโตรเจน

บทที่4
ผลการศึกษาทดลอง

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวและสารละลายกรดซัลฟูริคเป็นสารจับแอมโมเนียที่เกิดขึ้นตามตารางที่ 1 เป็นการวิเคราะห์หนังพื้นชั้นในจำนวน 1 ตัวอย่างคือหมายเลขปฏิบัติการ TW 708 โดยทำซ้ำวิธีละ 5 ครั้ง พบว่าการวิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวได้ค่าปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 8.26 8.18 8.43 8.45 8.76 ส่วนการวิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟูริคได้ค่าปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 8.32 8.59 8.63 8.40 8.51 และตามตารางที่ 2 เป็นการวิเคราะห์หนังหน้ารองเท้าจำนวน 1 ตัวอย่างคือหมายเลขปฏิบัติการ MV970 โดยทำซ้ำวิธีละ 5 ครั้ง พบว่า การวิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวได้ค่าปริมาณไนโตรเจนร้อยละ11.7 11.8 11.47 11.83 11.65 ส่วนการวิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟูริคได้ค่าปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 11.46 11.70 11.63 11.35 11.41

ตามตารางที่ 1 และ 2 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีผ่านแอมโมเนียลงในสารละลายกรดบอริคอิ่มตัวและสารละลายกรดซัลฟูริค

กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัว และสารละลายกรดซัลฟูริคในหนังพื้นชั้นใน

หมายเลขปฏิบัติการ	ปริมาณไนโตรเจน , %						หมายเหตุ
	วิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัว			วิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟูริค			
TW 708	$(X_i)_1$	$(X_i)_1-\bar{X}$	$[(X_i)_1-\bar{X}]^2$	$(X_i)_2$	$(X_i)_2-\bar{X}$	$[(X_i)_2-\bar{X}]^2$	หนังพื้นชั้นใน
	8.26	-0.16	0.0256	8.32	-0.17	0.0289	
	8.18	-0.24	0.0576	8.59	0.10	0.0100	
	8.43	0.01	0.0001	8.63	0.14	0.0196	
	8.45	0.03	0.0009	8.40	-0.09	0.0081	
	8.76	0.34	0.1156	8.51	0.02	0.0004	
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	8.42			8.49			
ผลบวกของ$[(X_i)-\bar{X}]^2$	0.1998			0.067			
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	S_1= 0.22			S_2= 0.13			
	S^2_1=0.05			S^2_2 =0.02			
ค่าเอฟ (F)=S_1^2/S_2^2	2.5						

หมายเหตุ ดูวิธีคำนวณค่า F ที่ภาคผนวก ข

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัว และสารละลายกรดซัลฟูริคในหนังหน้ารองเท้า

หมายเลขปฏิบัติการ	ปริมาณไนโตรเจน , %						หมายเหตุ
	วิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัว			วิเคราะห์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟูริค			
MV 970	$(X_i)_1$	$(X_i)_1-\bar{X}$	$[(X_i)_1-\bar{X}]^2$	$(X_i)_2$	$(X_i)_2-\bar{X}$	$[(X_i)_2-\bar{X}]^2$	หนังหน้ารองเท้า
	11.7	0.01	0.0001	11.46	-0.03	0.0009	
	11.8	0.11	0.0121	11.60	0.11	0.0121	
	11.47	- 0.22	0.0484	11.63	0.14	0.0196	
	11.83	0.14	0.0196	11.35	-0.14	0.0196	
	11.65	- 0.04	0.0016	11.41	- 0.08	0.0064	
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	8.42			8.49			
ผลบวกของ$[(X_i)-\bar{X}]^2$	0.0818			0.0586			
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	S_1= 0.14			S_2= 0.12			
	S^2_1 =0.02			S^2_2 =0.01			
ค่าเอฟ (F)=S_1^2/S_2^2	2.0						

หมายเหตุ ดูวิธีคำนวณค่า F ที่ภาคผนวก ข

ถ้าใช้การทดสอบแบบเอฟ (F – test) พิจารณาผลการทดสอบของการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีว่ามีความแตกต่างเชิงสถิติหรือไม่คือจะพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเป็นเกณฑ์ พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าเอฟที่คำนวณได้มีค่าไม่มากกว่าค่าเอฟจากตาราง (ค่า F ที่คำนวณได้มีค่า 2.5 และ 2.0 ส่วนค่า F จากตารางมีค่า 6.39) แสดงว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้จากทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

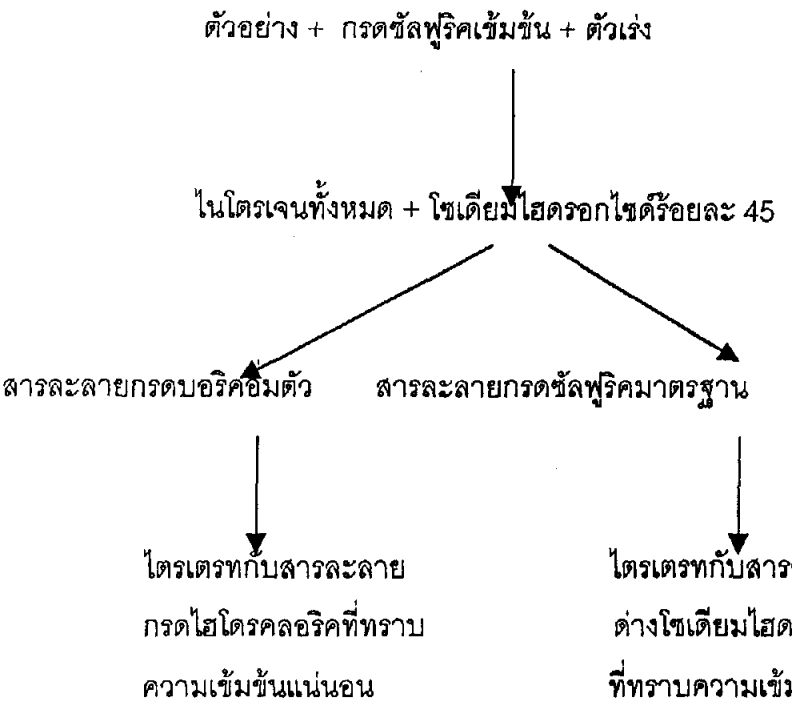
<u>หมายเหตุ</u> ตัวอย่างหนังพื้นชั้นในเป็นหนังฟอกฝาด ผู้ส่งตัวอย่างต้องการทราบปริมาณน้ำยาฟอกจึงต้องทำการวิเคราะห์ทางอ้อมโดยหาปริมาณหนังสุทธิ (คือปริมาณไนโตรเจนx5.62) แล้วจึงนำผลมาคำนวณหาปริมาณน้ำยาฟอกส่วนตัวอย่างหนังหน้ารองเท้าเป็นหนังฟอกโครมทับฝาดผู้ส่งตัวอย่างต้องการทราบทั้งปริมาณหนังสุทธิและปริมาณน้ำยาฟอก

บทที่ 5
วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในหนังฟอกได้ศึกษาวิธีวิเคราะห์โดยการใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวเป็นสารจับแอมโมเนียเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายกรดซัลฟูริค ซึ่งทั้งสองวิธีอาศัยหลักการเดียวกันคือใช้วิธี Kjeldahl Method คือย่อยไนโตรเจนที่มีอยู่ในหนังฟอกด้วยกรดซัลฟูริคและตัวเร่ง เพื่อเปลี่ยนไนโตรเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ให้อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนีย จากนั้นนำไปกลั่นในสภาวะด่างโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮ ดรอกไซด์ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดจะถูกกลั่นออกมา แต่เนื่องจากแอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยได้ง่าย จึงจำเป็นต้องจับไว้ โดยให้ทำปฏิกริยากับสารละลายกรดบอริคอิ่มตัวหรือสารละลายกรดซัลฟูริค ถ้าใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวจับแอมโมเนียจะนำสารที่ได้ไปไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริคที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน ถ้าใช้สารละลายกรดซัลฟูริคจับแอมโมเนียจะนำสารที่ได้ไปไตรเตรทกับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร



พบว่าในการใช้สารจับแอมโมเนียที่แตกต่างกันมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน กล่าวคือ

<u>กรณีใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัว</u>

<u>ข้อดี</u> 1.ใช้สารละลายมาตรฐานตัวเดียวคือกรดไฮโดรคลอริค

2.เมื่อนำไปไตเตรทหาปริมาณแอมโมเนียกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริคเป็นการไตเตรทหาปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นโดยตรง ดังนั้นปริมาณกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรทกับแบลงก์จึงมีค่าน้อยเป็นค่าที่ถูกลบในสมการ สามารถคะเนปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทได้ล่วงหน้า (ปกติแบลงก์ประมาณ 1 หยด = 0.5 ซีซี)

3.ไม่เป็นพิษและก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

<u>ข้อเสีย</u> 1. จุดยุติจะดูยากกว่า เนื่องจากสารละลายที่ได้มีสีเข้ม

2. เมื่อคิดราคาต่อหนึ่งตัวอย่างมีราคาแพงกว่า(1.47บาท)

<u>กรณีใช้สารละลายกรดซัลฟูริค</u>

<u>ข้อดี</u> 1. จุดยุติจะดูง่าย เนื่องจากสารละลายที่ได้มีสีอ่อน

2. เมื่อคิดราคาต่อหนึ่งตัวอย่างมีราคาถูกกว่า(0.04 บาท)

<u>ข้อเสีย</u>1.ใช้สารละลายมาตรฐาน 2 ตัว คือกรดซัลฟูริคและด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.เมื่อนำไปไตเตรทหาปริมาณแอมโมเนียกับสารละลายด่างมาตรฐานเป็นการไตเตรทกลับ (Back titration) คือ ไตเตรทหาปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียทั้งหมดดังนั้นค่าแบลงก์จึงมีค่ามากและเป็นตัวตั้งในสมการจะไม่สามารถคะเนปริมาณด่างที่ใช้อย่างคร่าวๆได้

3. ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

<u>หมายเหตุ</u> กรดบอริคราคา 490บาท/กิโลกรัม

กรดซัลฟูริคราคา 380บาท/2.5ลิตร

เนื่องจากตัวอย่างหนังสามารถดูดความชื้นในอากาศการวิเคราะห์เปรียบเทียบจึงต้องทำการชั่งในเวลาเดียวกัน

5.2ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจนเกิดขึ้นเมื่อเติมสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 45% ลงไปถ้าเติมลงไปทีละมากๆเลยจะเกิดปฏิกิริยารุนแรงมากทำให้ก๊าซแอมโมเนียที่ได้ออกมาเร็วเกินไป เมื่อผ่านลงไปในสารละลายกรดอาจเกิดการรั่วไหลทำปฏิกิริยากับกรดที่ผ่านไม่ทันทำให้เกิดการผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นควรเติมสารละลายโซเดียมไฮ ดรอกไซด์ทีละน้อยๆเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างช้าๆ

5.3 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลวิธีวิเคราะห์โดยวิธีที่ใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวเป็นสารจับแอมโมเนียและวิธีที่ใช้สารละลายกรดซัลฟูริคเป็นสารจับแอมโมเนีย สรุปได้ว่าทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สามารถนำเอาวิธีวิเคราะห์ทั้งสองมาใช้แทนกันได้ให้ผลวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องแม่นยำเท่าเทียมกัน ซึ่งวิธีที่ใช้สารละลายกรดบอริคอิ่มตัวเป็นสารจับเป็นวิธีที่มาตรฐาน British Standard (BS 1309) และ Indian Standard (IS 582) ใช้อยู่ ส่วนวิธีที่ใช้สารละลายกรดซัลฟูริคเป็นสารจับเป็นวิธีที่มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 160) ใช้อยู่ ซึ่งมาตราฐาน BS 1369 และIS 582 ก็อนุญาตให้ใช้ได้เป็นทางเลือก

อย่างไรก็ตามโดยสรุปกรณีใช้กรดบอริคเป็นสารจับจะเหมาะสมกว่าเนื่องจากกรดบอริคเป็นกรดอ่อนจะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ากรดซัลฟูริคซึ่งเป็นกรดแก่ถึงแม้ว่าราคาของกรดบอริคที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อหนึ่งตัวอย่างจะมีราคาแพงกว่าการใช้กรดซัลฟูริคก็ตาม (กรดซัลฟูริคราคา 0.04 บาท กรดบอริคราคา 1.47 บาท) เนื่องจากปริมาณสารที่ใช้ทั้งสองวิธีมีปริมาณน้อยเมื่อคิด

เป็นมูลค่า ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจึงมีความสำคัญมากกว่า ดังนั้นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.160 น่าจะเปลี่ยนมาใช้กรดบอริคแทน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณคณะกรรมการฯ ผู้อำนวยการกองฟิสิกส์และวิศวกรรม หัวหน้ากลุ่มเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์2 และนางโกคาสิงหวิลัย ที่กรุณาสละเวลาอ่าน และให้การสนับสนุนในการเขียนเรื่องเพื่อให้สำเร็จลุล่วงไปได้

เอกสารอ้างอิง

Indian Standard Institue. Methods of chemical testing of leather. IS582. 1970.

British Standard Institue. Methods of chemical testing of leather. BS1309. 1974.

Thai Industrial Standard Institue. Standard for Methods of sampling and testing of leather. TIS160-2528.

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. เคมีวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541.

ภาคผนวก ก

การทดสอบแบบเอฟ (F – test)

การทดสอบแบบเอฟเป็นการทดสอบผลการวิเคราะห์สองวิธีว่ามีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ โดย พิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเกณฑ์ F เป็นอัตราส่วนของค่าแวเรียนซ (variance) หรือ S^2 (กำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน)

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{โดยที่ } S_1^2 > S_2^2$$

เมื่อ S_1^2 เป็นค่าแวเรียนซของผลการทดลองโดยวิธีวิเคราะห์วิธีที่ 1

S_2^2 เป็นค่าแวเรียนซของผลการทดลองโดยวิธีวิเคราะห์วิธีที่ 2

V_1 เป็นค่าองศาอิสระของการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1 = n_1- 1

V_2 เป็นค่าองศาอิสระของการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 2 = n_1- 2

ค่า F ที่ได้จากการคำนวณ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าในตารางที่ 3 ถ้าค่าที่คำนวณได้มากกว่าค่าในตาราง ผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าไม่มากกว่าค่าจากตาราง ผลของการวิเคราะห์ทั้งสองจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 ค่า F ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

V_2 \ V_1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4
3	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
5	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	4.74	4.36	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98

ภาคผนวก ข

วิธีคำนวณหาค่า F

จากตารางที่ 1

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.1998}{4}}$$

$$= 0.22$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{0.067}{4}}$$

$$= 0.13$$

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$= \frac{(0.22)^2}{(0.13)^2}$$

$$= \frac{0.05}{0.02}$$

$$= 2.5$$

จากตารางที่ 2

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.0818}{4}}$$

$$= 0.14$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{0.0586}{4}}$$

$$= 0.12$$

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$= \frac{(0.14)^2}{(0.12)^2}$$

$$= 2.0$$

ภาคผนวก ค

การคำนวณราคาค่ากรดซัลฟูริคและกรดบอริคที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อหนึ่งตัวอย่าง

1. ในการวิเคราะห์โดยใช้กรดซัลฟูริค 0.2 นอร์มัล จำนวน 50 ซีซี
กรดซัลฟูริคราคา 380บาท/2.5 ลิตร มีความถ่วงจำเพาะ 1.84

ใน 1000 ซีซี มีเนื้อกรด 9.8 กรัม

ใน 50 ซีซี มีเนื้อกรด 0.49 กรัม

คิดเป็นจำนวนกรด 0.49/1.84 = 0.26 ซีซี

กรด 2500 ซีซี ราคา 380 บาท

กรด 0.26 ซีซี ราคา 0.04 บาท

ราคากรดซัลฟูริคที่ใช้ต่อหนึ่งตัวอย่าง 0.04 บาท

2. ในการวิเคราะห์โดยใช้กรดบอริคอิ่มตัว (20 กรัม/ลิตร) จำนวน 150 ซีซี
กรดบอริคราคา 490 บาท/กิโลกรัม

กรดบอริคอิ่มตัว 1000 ซีซี มีเนื้อบอริค 20 กรัม

กรดบอริคอิ่มตัว 150 ซีซี มีเนื้อบอริค 3 กรัม

กรดบอริค 1000 กรัม ราคา 490 บาท

กรดบอริค 3 กรัม ราคา 1.47 บาท

ราคากรดบอริคที่ใช้ต่อหนึ่งตัวอย่าง 1.47 บาท