บทที่ 1
บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมและปัญหามลพิษกำลังเป็นที่สนใจของประชากรโลกทั่วไป ส่วนประเทศไทยกำลังพัฒนาไปสู่ความเป็นประเทศอุตสาหกรรม จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีปัญหามลพิษนี้ตามมา กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ตระหนักถึงความรุนแรงของปัญหานี้ถ้าไม่มีมาตรการป้องกันไว้ ดังนั้นจึงดำริที่จะให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมมีการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานอย่างดี เพื่อมิให้เป็นปัญหาส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเยียวยาไม่ได้

โครงการความช่วยเหลือด้านที่ปรึกษาทางสิ่งแวดล้อมต่อภาคอุตสาหกรรม (Project Environmental Advisory Assistance for Industry) จึงถือกำเนิดขึ้น โดยความร่วมมือทางวิชาการจากรัฐบาลสหพันธ์สาธารณเยอรมัน (องค์กรGTZ) หนังสือเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการดังกล่าวโดยมุ่งเน้นมาเฉพาะที่อุตสาหกรรมฟอกหนังในประเทศเท่านั้น

<u>จุดประสงค์</u>

หนังสือคู่มือแนะนำด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมฟอกหนังนี้มีจุดประสงค์ที่จะให้ข้อมูลเชิงปฏิบัติแก่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมฟอกหนัง เพื่อนำไปใช้ในการลดมลพิษและปริมาณของเสีย (ทั้งในรูปของแข็งและของเหลว) หรือการนำของเสียกลับไปใช้ประโยชน์ (โดยตรงหรือทางอ้อม) รวมทั้งการบำบัดน้ำเสียอย่างถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อที่ผู้ประกอบการจะได้เห็นความสำคัญและความเป็นไปได้ของวิธีการที่จะนำเสนอ และให้ความร่วมมือกับทางราชการ โดยนำไปใช้งานจริงเพื่อแก้ไขหรือลดปัญหามลพิษลงให้ได้มากที่สุด ในขณะเดียวกันเจ้าหน้าที่ของรัฐสามารถใช้หนังสือนี้เป็นคู่มือกำกับดูแลโรงงานฟอกหนังได้

ด้วยมาตรการเช่นนี้ ทางการหวังว่าจะลดปัญหาการเผชิญหน้าระหว่างผู้ประกอบการ และ เจ้าหน้าที่ของรัฐ เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจอันดีระหว่างกันและเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างราบรื่นต่อไป

<u>รายละเอียด</u>

ในหนังสือเล่มนี้ จะมีข้อมูลทั้งด้านเทคโนโลยีและด้านการจัดการกากของเสียและน้ำเสียในโรงงานฟอกหนัง โดยเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบไปจนถึงผลิตภัณฑ์ และครอบคลุมในประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้คือ

ก) กระบวนการผลิต

จะแสดงถึงขั้นตอนการผลิตว่าประกอบด้วยกระบวนการอะไรบ้าง

ข) แหล่งกำเนิดของของเสีย

เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทำความเข้าใจในเรื่องมลพิษและของเสียที่เกิดขึ้นตาม ขั้นตอนต่างๆ ของการผลิต และใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการต่อไป

ค) วิธีการลดมลพิษน้ำเสียและปริมาณของเสียภายในโรงงาน

เพื่อจะได้มีมลพิษน้อยลง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารมลพิษต่างๆ จะได้ลดลงด้วย วิธีการต่าง ๆ เหล่านี้มีตั้งแต่การลดของเสียตรง ๆ การเปลี่ยนสารเคมี หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ ฯลฯ ในส่วนนี้จะนำเสนอข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายสำหรับประเทศไทยเป็นการเฉพาะเท่าที่จะทำได้และเท่าที่จะมีข้อมูลนำมาเสนอด้วย

ง) การบำบัดน้ำเสีย

ถึงจะมีมาตรการลดมลพิษและปริมาณของเสียภายในโรงงานแล้วก็ตาม ถ้ายังคงเหลือสารมลพิษปะปนไปกับน้ำที่ทิ้งออกจากโรงงานอยู่ จะต้องทำการบำบัดน้ำเสียให้สะอาดขึ้นก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโรงงาน โดยระบบบำบัดน้ำเสียนี้อาจใช้วิธีแยกประเภทน้ำเสียมาบำบัดก่อนแล้วจึงรวมน้ำเสียทั้งหมดมาบำบัด

จ) การติดตามและควบคุมดูแล

ได้นำเสนอแนวทางการควบคุมกระบวนการผลิต การควบคุมดูแลระบบบำบัด วิธีการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งความถี่ของการเก็บตัวอย่างจากจุดต่างๆ ตามความประสงค์ซึ่งแตกต่างกันออกไป วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง และการจดบันทึกผล

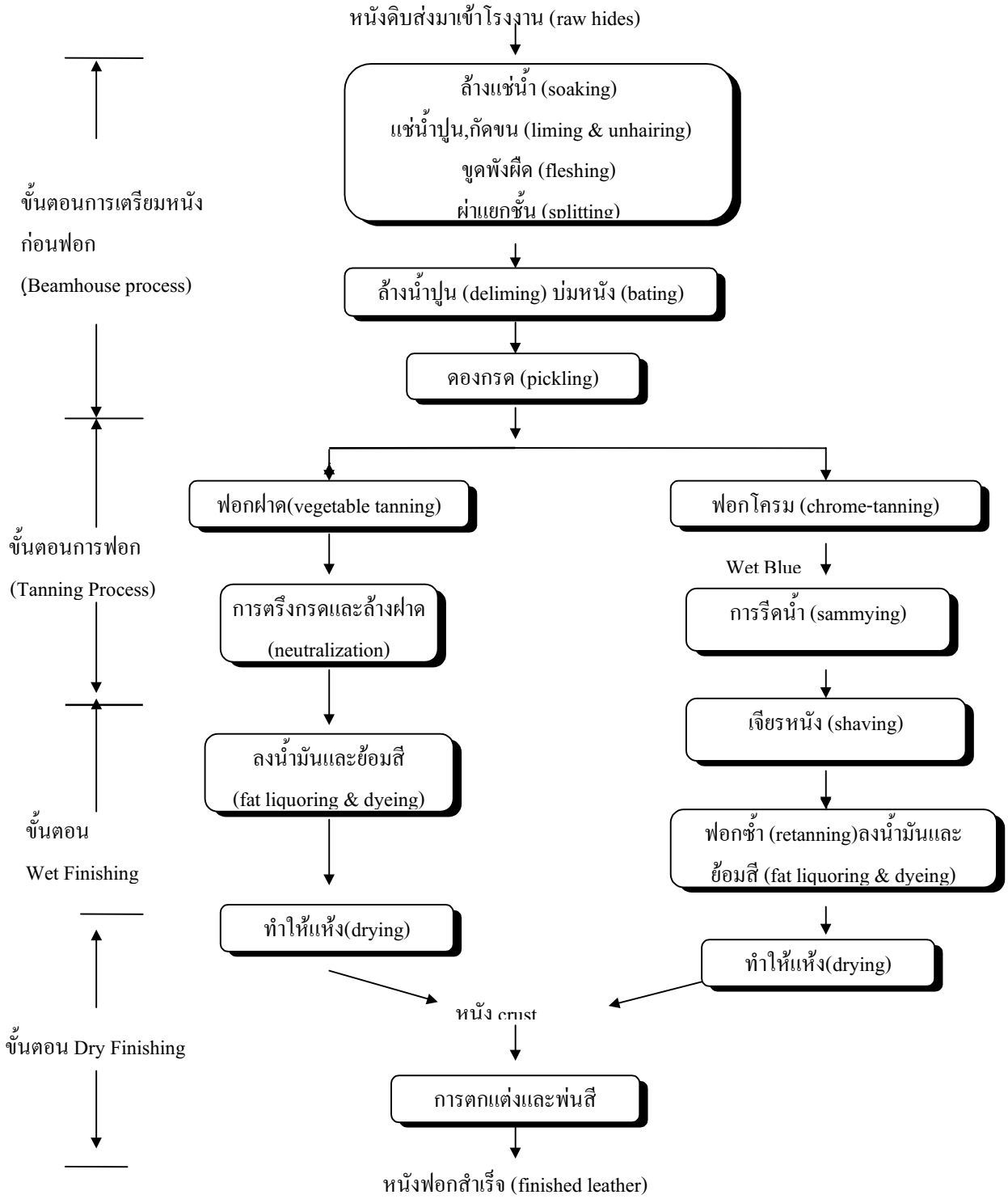
ฉ) มาตรฐานสำหรับการกำกับดูแลโรงงานฟอกหนัง

อุตสาหกรรมฟอกหนังมีลักษณะเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนกับอุตสาหกรรมอื่นๆ มาตรฐานน้ำทิ้งหลังการบำบัดจึงควรมีความเป็นเฉพาะตัวเช่นกัน ในที่นี้ได้เสนอมาตรฐานที่ควรใช้บังคับสำหรับสภาพการในประเทศ รวมทั้งมาตรฐานเสนอแนะสำหรับค่าโครเมียมในกากตะกอนด้วย

บทที่ 2

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

การผลิตหนังฟอกแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การเตรียมหนังก่อนฟอก (beamhouse process), การฟอก (tanning process) และการตกแต่ง (finishing process) โดยมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการฟอกหนัง

2.1 กรรมวิธีเตรียมหนังก่อนฟอก (Beamhouse Process)

การเตรียมหนังก่อนฟอก เป็นการกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ เช่น ขน เศษหนัง กีบเท้า ฯลฯ ออกจากหนังดิบ และเตรียมหนังให้พร้อมที่จะฟอก มีการแช่น้ำปูน กัดขนออกด้วยซัลไฟด์ ขูดพังผืด แล่หนัง ล้างน้ำปูน และบ่มหนัง น้ำเสียที่เกิดจากกรรมวิธีขั้นตอนนี้มีฤทธิ์เป็นด่างอย่างแรง และมีสิ่งเจือปนคือ เศษหนัง ขน ซึ่งเป็นสารจำพวกโปรตีนและไขมัน ตลอดจนสารเคมีที่ใช้ ได้แก่ ปูนขาว สารพวกสบู่ เกลือแอมโมเนีย อัลคาไลน์ ซัลไฟด์ และยาฆ่าเชื้อ

หนังนี้เมื่อผ่าแยกชิ้นแล้ว ส่วนบนเรียกหนัง upper หรือ grain เอาไปผลิตหนังฟอก ส่วนล่างเรียกว่าหนังส่วนล่าง หรือ splits

2.2 การฟอก (Tanning process)

ภายหลังจากที่ได้ทำความสะอาดผ่าหนังดิบให้มีขนาดตามต้องการแล้ว จะนำหนังไปผ่านการฟอก ซึ่งการฟอกหนังก็คือการเปลี่ยนสภาพหนังสัตว์ดิบซึ่งเน่าเปื่อยได้ ไปเป็นหนังสำเร็จซึ่งคงตัวกว่า ไม่เน่าเปื่อย มีความทนทานต่อสภาพอากาศและน้ำร้อน ทั้งนี้ การรักษาสภาพหนังไม่ให้เน่าเปื่อยจะอาศัยสารเคมีบางชนิด ได้แก่ ฝาด โครเมียม หรือสารเคมีอื่น เข้าไปทำปฏิกิริยากับคอลลาเจน (โปรตีน) ในหนัง

การฟอกหนังที่นิยมใช้มีสองวิธี คือ <u>การฟอกโครม</u>ซึ่งอาศัยโครเมียม และ<u>การฟอกฝาด</u> ซึ่งอาศัยแทนนินหรือสารสังเคราะห์มาเป็นตัวฟอก ทั้งนี้การฟอกโครมเป็นที่นิยมกว่า เนื่องจากใช้เวลาสั้น สารเคมีราคาถูก หนังที่ฟอกแล้วทนต่อความร้อนและความชื้นดีกว่า อนึ่ง การดองกรดเป็นขั้นตอนที่จำเป็นต้องมีในการฟอกทั้งสองวิธี สารเคมีที่ใช้ คือ เกลือแกง กรดกำมะถัน และกรดฟอร์มิก วัตถุประสงค์ของการดองกรดก็เพื่อปรับพีเอชให้เหมาะสมกับปฏิกิริยาการฟอกหนัง ระหว่างการฟอกอาจมีการเติมสารเคมีพิเศษ (สารช่วยฟอก หรือสารช่วยตรึงโครเมียม) ลงไประหว่างการดองกรดเพื่อให้หนังจับโครเมียมได้ดีขึ้นและเพื่อลดปริมาณโครเมียมในน้ำเสีย

ก) การฟอกโครม เป็นการฟอกที่กระทำในถังหมุน ซึ่งจะใช้สารเคมีพวกเบสิกโครเมียมซัลเฟต (Cr^{3+}) เป็นตัวฟอก

โดยทั่วไปแล้วประมาณร้อยละ 70 ของโครเมียมที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับหนัง ที่เหลืออีกร้อยละ 30 จะถูกปล่อยทิ้งไปกับน้ำเสีย การตรึงโครมให้อยู่กับหนังสามารถเพิ่มขึ้นได้ด้วยการปรับพีเอช ดังนั้นระหว่างการฟอกโครมจึงต้องมีการเติมโซเดียมคาร์บอเนตลงไปทีละน้อยช้าๆ เพื่อปรับพีเอชให้ได้ประมาณ 4.5

หนังที่ผ่านการฟอกโครมแล้ว เรียกว่า หนัง wet-blue

ข) การฟอกฝาด การฟอกฝาดสามารถกระทำได้ในถังไม้ปั่นหรือบ่อคอนกรีต ที่ต่อแบบอนุกรม (เรียงๆกันไป) โดยจะใช้แทนนิน ซึ่งสกัดจากเปลือกไม้พวกยูคาลิปตัส ต้นควีบราโค และอื่น ๆ มาเป็นสารฟอก ทั้งนี้น้ำฟอกที่ใช้แล้วจะนำมาใช้ซ้ำได้อีก

ขั้นตอนที่สำคัญคือ การล้างฝาดส่วนเกิน โดยใช้กรดออกซาลิกล้างฝาดออกจากหนังซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพหนังอย่างมาก หนังสำเร็จรูปที่เกิดจากการฟอกฝาดจะมีน้ำหนักมากกว่าการฟอกโครม มักใช้เป็นพื้นรองเท้า เข็มขัด และมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าการฟอกโครม

หลังจากการฟอกแล้วหนังจะถูกรีดน้ำทำให้แห้ง เจียรผิวด้วยเครื่องตัดแต่งและคัดเลือกเพื่อเก็บไว้รอจำหน่ายหรือแปรรูปต่อไป

2.3 การฟอกซ้ำย้อมสี ให้น้ำมันและการตกแต่งหนัง (Finishing Process)

การฟอกซ้ำมักกระทำกับหนังที่ได้มาจากการฟอกโครม โดยทำขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพหนังให้เหมาะสมกับความต้องการของตลาด ในการนี้สารเคมีที่ใช้อาจเป็นโครเมียม, แทนนิน หรือซินแทน (ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ขึ้น) ก็ได้

การย้อมสีจะกระทำตามที่ตลาดต้องการหรืออาจไม่ย้อมสีก็ได้ ขั้นตอนของการย้อมสีแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของสีที่ใช้ย้อม ปกติจะใช้กรดฟอร์มิกปรับสภาพก่อนการย้อมด้วยสี และการตรึงให้สีติดหนัง ซึ่งต้องอาศัยอุณหภูมิสูง มักใช้ไอน้ำมาทำให้หนังและน้ำย้อมร้อนขึ้น

หนังที่จะนำไปใช้งานจำเป็นต้องมีความอ่อนนุ่ม อยู่ตัว ดังนั้นจำเป็นต้องมีการทาน้ำมันให้แก่หนังที่ฟอกแล้ว การทาน้ำมันอาจทำพร้อมการฟอกซ้ำหรือการย้อมสี หรืออาศัยการทาต่างหากก็ได้ หนังที่ผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะนำไปผ่านการพ่นสี พิมพ์ลายและอื่น ๆ เพื่อให้ตรงกับความต้องการของตลาดต่อไป

บทที่ 3
แหล่งกำเนิดของเสีย

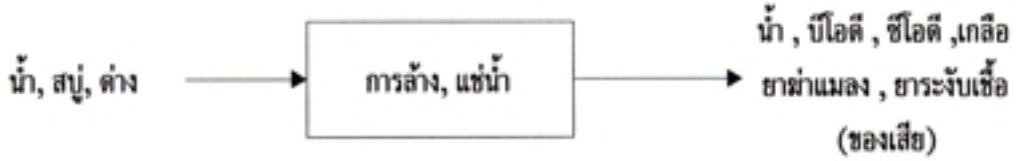
การฟอกหนังเป็นกระบวนการแปรรูปหนังสัตว์ โดยอาศัยน้ำ สารเคมี และกระบวนการทางกล ดังนั้นน้ำเสียจากการฟอกหนังจึงมีสารมลพิษปะปนอยู่สูง นอกจากนี้ยังมีกากของแข็งทิ้งออกมาด้วย ทั้งนี้ลักษณะของน้ำเสีย ปริมาณสารมลพิษถ่ายทิ้ง รวมทั้งกากของเสีย จะแปรเปลี่ยนไปตามกระบวนการผลิตและแหล่งที่ทำการฟอกหนัง ขั้นตอนที่ทำให้เกิดของเสียที่สำคัญอาจกล่าวสรุปได้ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเก็บรักษาหนัง

การเก็บรักษาหนังสัตว์ไม่ใช่ขั้นตอนของการฟอกหนัง แต่จำเป็นต้องรักษาหนังไม่ให้เน่า ซึ่งปกติมักใช้การหมักด้วยเกลือ และใช้ประมาณ 20% ของน้ำหนักหนังสัตว์ดิบ โดยหนังสัตว์จะสูญเสียความชื้นออกจากหนังในปริมาณเท่า ๆ กับน้ำหนักเกลือที่เพิ่มขึ้นในหนัง นอกจากนี้ยังมีการใส่ยาระงับเชื้อหรือยาฆ่าแมลงเพื่อช่วยรักษาหนังด้วย ดังนั้นก่อนนำหนังมาเข้ากระบวนการผลิต (หรือฟอก) จึงต้องสบัดหนังหรือเคาะเอาเกลือออกก่อน และเกลือนี้นับเป็นกากของเสียชนิดแรกที่เกิดจากอุตสาหกรรมการฟอกหนัง ถ้าปล่อยน้ำเสียที่มีเกลือลงสู่สิ่งแวดล้อม จะมีผลกระทบคือทำให้ปลูกพืชไม่ได้ สัตว์น้ำตาย น้ำกร่อย เอามาทำน้ำประปาไม่ได้ หรือใช้ป้อนเข้าหม้อไอน้ำไม่ได้ ฯลฯ

3.2 ขั้นตอนการล้างและแช่น้ำหนัง

การล้างและแช่น้ำหนังเป็นการคืนน้ำให้แก่หนัง ซึ่งมีการเติมสบู่และด่าง น้ำเสียที่เกิดขึ้นประกอบไปด้วย บีโอดี, ซีโอดี, เกลือ, ยาฆ่าแมลง และยาระงับเชื้อ, เศษเนื้อ, ขน, หนัง และตะกอนดิน (ดูรูปที่ 3.1)



หมายเหตุ: บีโอดีและซีโอดี เป็นหน่วยวัดความสกปรกของน้ำเสีย ถ้ามีค่านี้มาก น้ำจะมีโอกาสเน่าเหม็นได้มาก

รูปที่ 3.1 ของเสียจากขั้นตอนการล้างและแช่น้ำหนัง

3.3 ขั้นตอนการแช่น้ำปูนและกัดขน

การแช่น้ำปูนและกัดขนนับเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่ทำให้เกิดน้ำเสียมีมลพิษสูงมาก เนื่องจากส่วนขนและหนังกำพร้าที่ละลายออกมาตลอดจนสิ่งสกปรกอื่นที่สะสมอยู่ในหนังจะถูกชะล้างออกมาพร้อมกับปูนขาว (ใช้ทำให้หนังบวม), เกลือ และสารประกอบซัลไฟด์ (ใช้กัดละลายขน) ที่ใส่ลงไป นอกจากนี้ยาระงับเชื้อและยาฆ่าแมลงที่สะสมอยู่ในหนังก็จะปะปนออกมาพร้อมน้ำเสียด้วย ในน้ำเสียจึงพบว่ามีค่า pH สูง บีโอดี, ซีโอดี, เกลือ, ซัลไฟด์, ยาฆ่าแมลงและยาระงับเชื้อ, แอมโมเนีย, ด่าง และสารแขวนลอย กากของเสียได้แก่ ขน ปูนขาวและตะกอนดิน ก๊าซเสียที่เกิดขึ้นคือไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) ในกรณีที่เติมด่างลงไปไม่พอและพีเอชต่ำกว่า 9.5

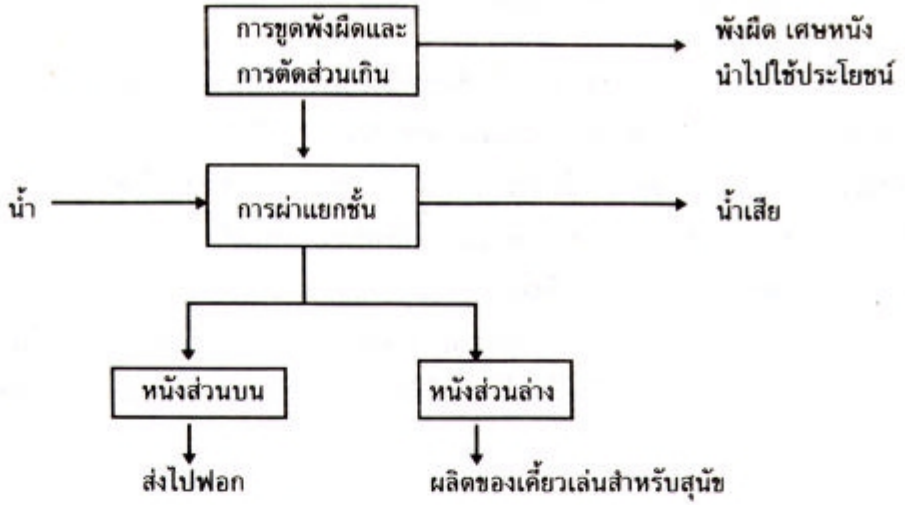
หมายเหตุ: แอมโมเนียทำให้ระคายจมูกและทางเดินหายใจ ก๊าซไข่เน่ามีกลิ่นเหม็นรุนแรง ถ้ามีมากพอทำให้หมดสติและตายได้ สารแขวนลอยทำให้ทางน้ำตื้นเขินและอาจเกิดการเน่าได้ ขน,ปูนขาวและตะกอนดินทด

รูปที่ 3.2 ของเสียจากขั้นตอนการแช่น้ำปูนและกัดขน

3.4 ขั้นตอนการขูดพังผืด (fleshing) และการผ่าแยกชั้น (splitting)

หนังที่ผ่านการแช่ปูนแล้วจะนำมาขูดพังผืดด้วยเครื่องขูด ซึ่งมีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่ จากนั้นจะนำไปเข้าเครื่องผ่าซึ่งอาศัยน้ำหล่อเลี้ยงเช่นกัน ปกติหนังกระบือจะผ่าได้เป็น 3-4 ชั้น สองชั้นด้านบนจะนำไปฟอกโครม ชั้นในหรือหนังส่วนล่างจะนำไปล้างทำลายฤทธิ์ปูนก่อนนำไปผลิตอาหารแทะเล่นของสุนัขต่อไป

ของเสียที่สำคัญในกระบวนการนี้คือ เศษหนังและพังผืด ซึ่งได้จากส่วนล่างสุดของหนังสัตว์ (ดูรูปที่3.3) เศษหนังดังกล่าวมีสีเขียวคล้ำเนื่องจากการทำปฏิกิริยาในขั้นตอนการแช่น้ำปูนและกัดขน ส่วนน้ำเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้มีปริมาณน้อย และมีลักษณะเหมือนน้ำเสียจากขั้นตอนการแช่น้ำปูนแต่มีความเข้มข้นต่ำกว่า

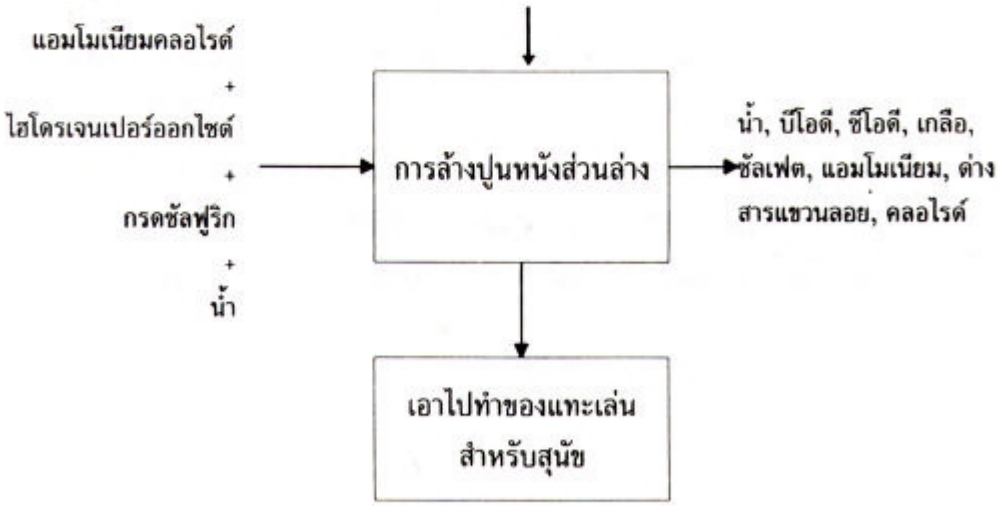


รูปที่ 3.3 ของเสียจากขั้นตอนการขูดพังผืด ผ่าแยกชั้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.5 ขั้นตอนการล้างปูนของหนังส่วนล่าง (deliming of splittings)

การล้างปูนออกจากหนังส่วนล่าง จำเป็นต้องเติมเกลือแอมโมเนียมคลอไรด์เพื่อลดการพองบวมของหนังและทำให้เป็นกลางโดยใช้กรดปรับพีเอชลดลงประมาณ 7-8 ในขณะเดียวกันก็จำเป็นต้องเติมสารออกซิไดซ์เพื่อช่วยกัดสีหนังให้จางลง ในที่นี้คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสีขาวขุ่น ประกอบไปด้วย บีโอดี, ซีโอดี, เกลือ, ซัลเฟต, แอมโมเนียม, ด่าง, สารแขวนลอย, คลอไรด์

ขั้นตอนนี้อาจมีเฉพาะบางโรงงาน บางแห่งอาจไม่มีขั้นตอนนี้ในการผลิต

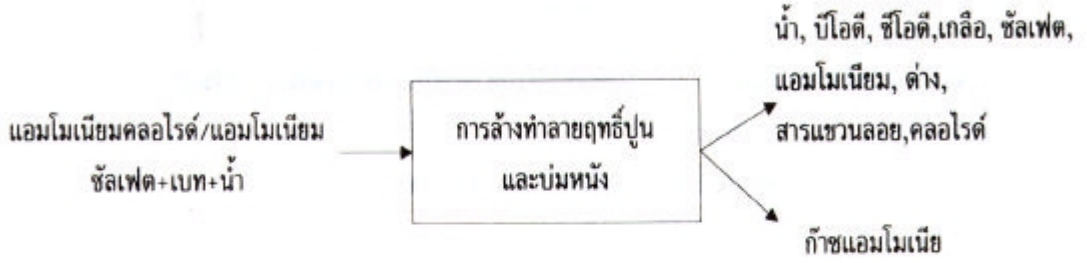


หมายเหตุ: คลอไรด์คือส่วนประกอบของเกลือ ถ้าทิ้งลงน้ำทำให้น้ำกร่อย เอาไปใช้สอยไม่ได้

รูปที่ 3.4 น้ำเสียจากขั้นตอนการล้างปูนของหนังชั้นล่าง

3.6 ขั้นตอนการล้างทำลายฤทธิ์ปูนและการบ่มหนัง (pelt deliming and bating)

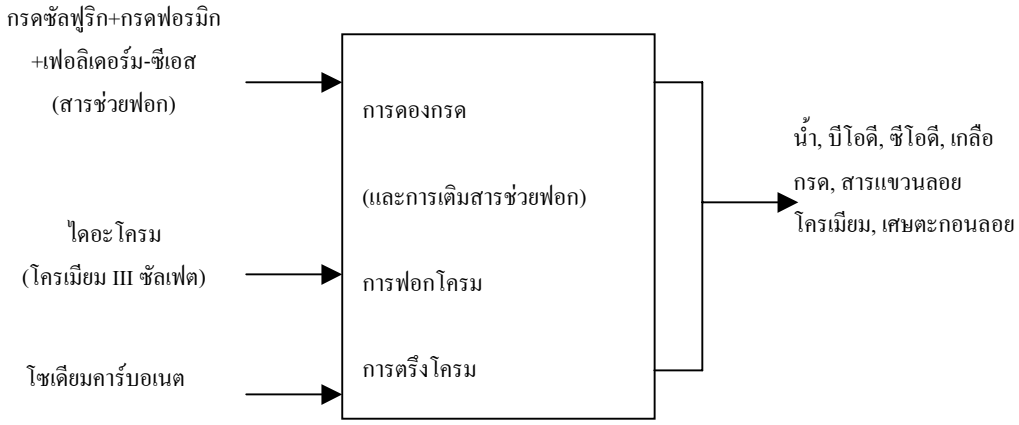
การล้างทำลายฤทธิ์ปูนและการบ่มหนังเป็นการลดพีเอช โดยเติมแอมโมเนียมคลอไรด์และหรือแอมโมเนียมซัลเฟตลงไปในถัง สารเคมีจะต้องมีปริมาณมากพอที่จะทำลายฤทธิ์ปูนได้ทั้งหมด มีการเติมเอนไซม์หรือเบท เพื่อช่วยย่อยเส้นใยหนังให้เรียบ ทำให้นุ่ม น้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงประกอบไปด้วย บีโอดี, ซีโอดี, เกลือ, ซัลเฟต, แอมโมเนียม, ด่าง, สารแขวนลอย, คลอไรด์ นอกจากนี้ยังมีก๊าซแอมโมเนียเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ด้วย



รูปที่ 3.5 ก๊าซและน้ำเสียจากการล้างฤทธิ์ปูน

3.7 ขั้นตอนการดองกรดและการฟอกโครม (pickling and chrome tanning)

การดองกรดเป็นการปรับพีเอชให้เหมาะสมต่อการฟอกโครม โดยการเติมเกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์)หรือโซเดียมซัลเฟต และกรดซัลฟูริก เพื่อลดการพองบวมของหนัง ให้พีเอชมีค่าประมาณ 1.4-3.0 ใช้ระยะเวลาดองกรดประมาณ 1- 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมโครเมียมซัลเฟต ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนในหนัง โดยปกติประมาณร้อยละ 70 ของน้ำหนักโครเมียมจะค้างอยู่ในหนังโครม บางแห่งอาจเติม "สารช่วยฟอก" ในช่วงของการดองกรด (เพื่อให้หนังจับโครเมียมได้ดีและเพื่อช่วยลดโครเมียมในน้ำเสีย) การตรึงโครมให้อยู่กับหนังเพิ่มขึ้นได้ด้วยการเพิ่มพีเอชและอุณหภูมิ ในน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงพบกรด, เกลือ, สารแขวนลอย, บีโอดี, ซีโอดี และโครเมียม ส่วนเศษตะกอนลอย (float residues) ที่เกิดขึ้นมีโครเมียมปนอยู่และจะหลุดออกมาพร้อมน้ำทิ้งด้วย (ปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้งมีค่าประมาณ 2,000-4,000 มก./ล.)

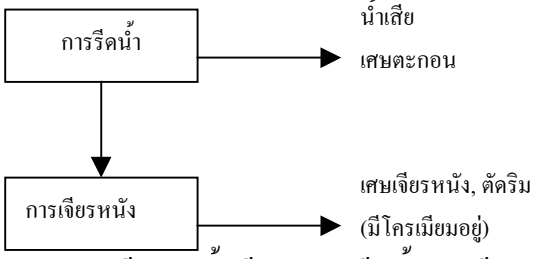


หมายเหตุ โครเมียมเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เป็นอันตรายต่อระบบประสาท

รูปที่ 3.6 น้ำเสียจากการฟอกโครม

3.8 ขั้นตอนการรีดน้ำและการเจียรหนัง (sammying and shaving)

การรีดน้ำออกจากแผ่นหนังทำให้เกิดการเสียน้ำจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับน้ำเสียจากการฟอกโครม ส่วนการเจียรหนังจะทำให้เกิดเศษหนังเจียรซึ่งมีโครเมียมปะปนอยู่ และเป็นปัญหามากต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากนำไปทิ้งถมที่ หรือทิ้งกองขยะ หรือเผาธรรมดาๆไม่ได้



รูปที่ 3.7 เศษของเสียและน้ำเสียจากการรีดน้ำและเจียรหนัง

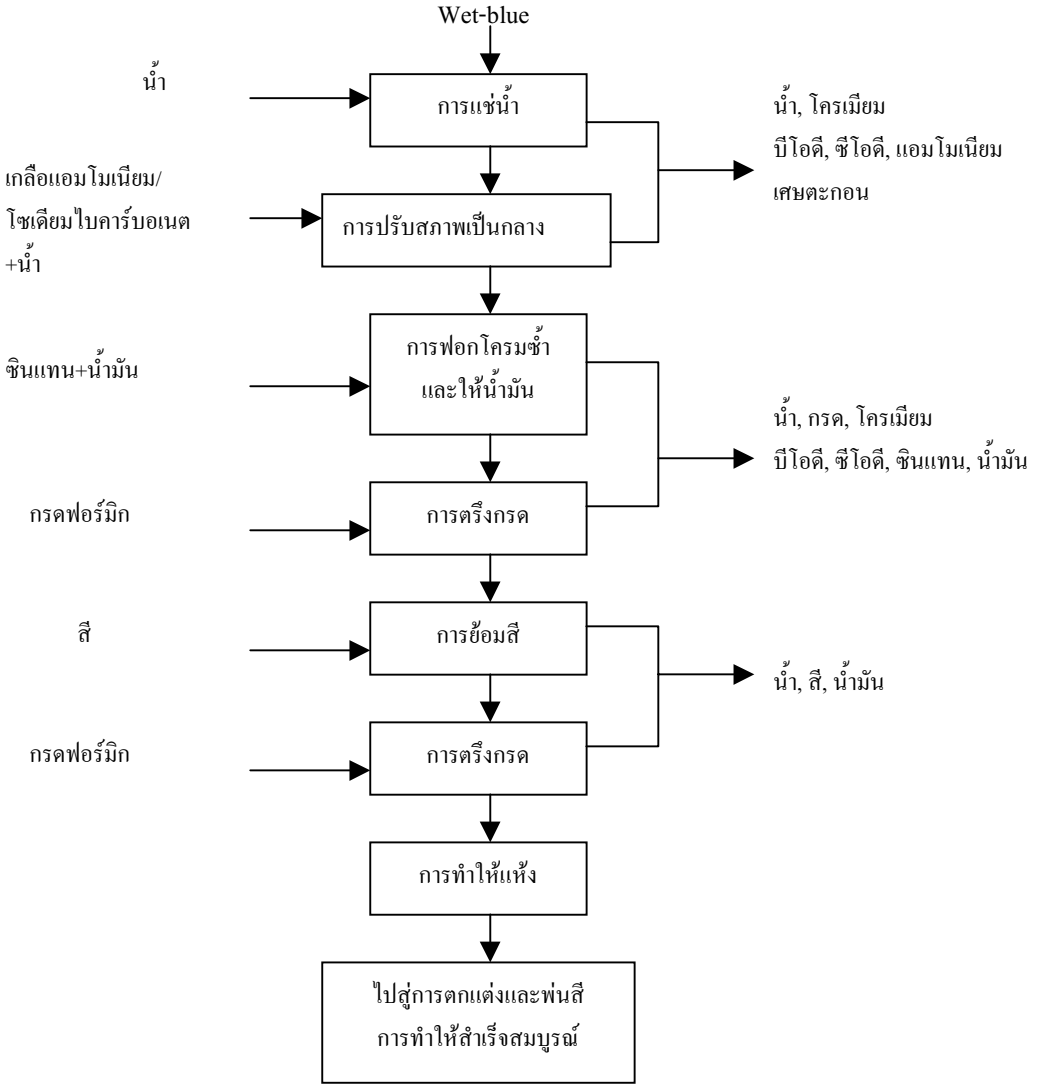
3.9 การปรับสภาพ การฟอกซ้ำและการย้อมสี สำหรับหนังฟอกโครม

(Neutralization, Retanning, Dyeing and Fat liquoring)

การปรับสภาพเป็นการเติมเกลือแอมโมเนียมหรือโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อเพิ่มพีเอชให้ได้ประมาณ 5-6 เพื่อกัดโครมส่วนเกินและเตรียมพร้อมเพื่อการฟอกซ้ำและย้อมสี จึงพบว่ามีโครเมียมในน้ำทิ้งส่วนนี้พร้อมกับเศษตะกอนหนัง

การฟอกซ้ำจะทำพร้อมๆกับการให้น้ำมัน จึงมีการเติมกรดฟอร์มิก ซินแทน (น้ำยาฟอกสังเคราะห์) และน้ำมันลงไป ซึ่งสารเคมีที่เหลือจากการดูดซึมก็จะปะปนออกมากับน้ำทิ้งซึ่งมักพบโครเมียมด้วย ดูรูปที่ 3.8

การย้อมสีแบบเปียกซึ่งมักใช้กับหนังโครมเป็นการย้อมสีหนังทั้งหมด ไม่เหมือนการพ่นหรือทาสีซึ่งมักใช้กับหนังฟอกฝาด สารเคมี สี กรดอินทรีย์ และน้ำร้อนจะช่วยให้การย้อมเสร็จสมบูรณ์ และจะพบสารดังกล่าวในน้ำทิ้งที่เหลืออยู่ น้ำเสียจากขั้นตอนส่วนนี้แม้จะมีเล็กน้อยมากยังต้องส่งไปให้เม็ดสีจมตัวในถังตกตะกอน แล้วเอาน้ำที่เหลือไปบำบัดที่ระบบฯต่อไป



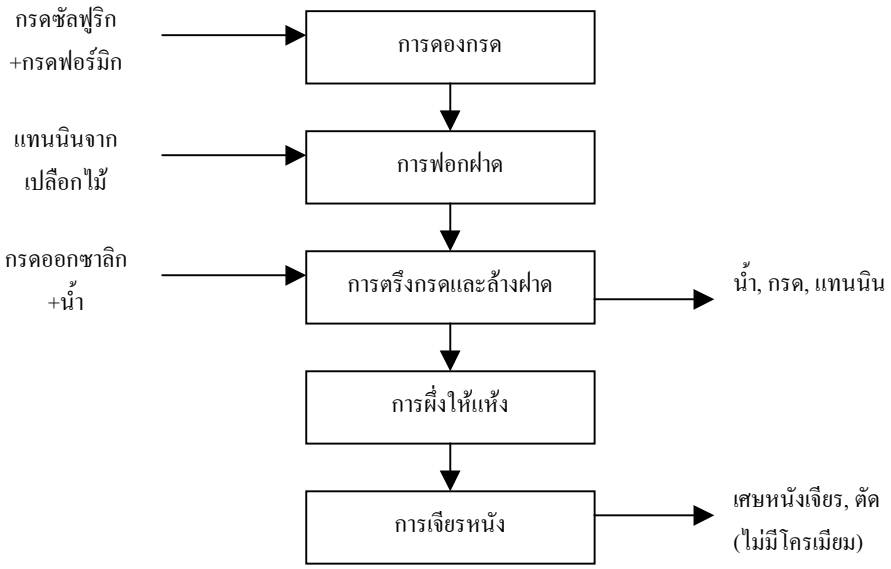
รูปที่ 3.8 น้ำเสียจากการปรับสภาพเป็นกลาง การฟอกซ้ำ ให้น้ำมัน และการย้อมสี

3.10 ขั้นตอนการฟอกฝาด

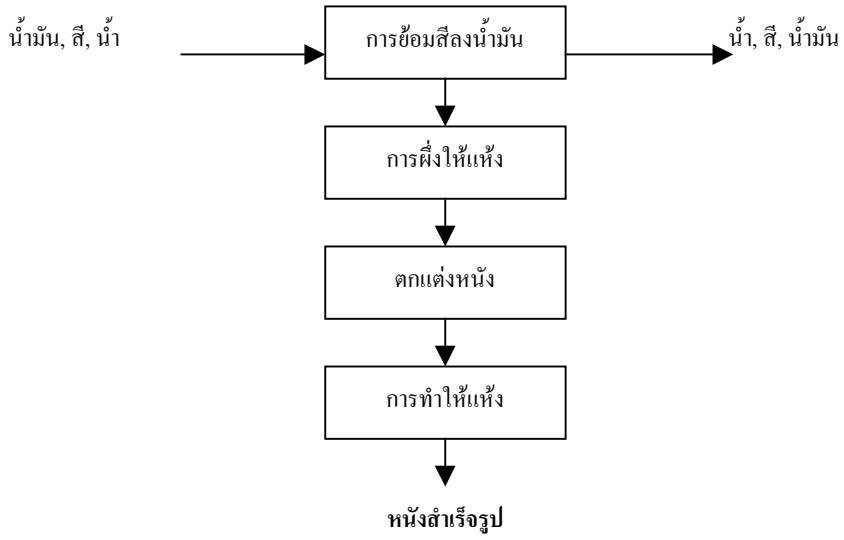
การฟอกฝาดสามารถกระทำได้ในถังไม้ปั่นหรือบ่อคอนกรีตอนุกรม โดยจะใช้แทนนินซึ่งสกัดจากเปลือกไม้พวกยูคาลิปตัส ต้นควีบราโคและอื่นๆ มาเป็นสารฟอก เนื่องจากสารเคมีราคาสูงจึงมักมีการนำน้ำฝาดไปใช้ใหม่โดยไม่ระบายออก เพียงแต่เติมสารฟอกฝาดเพิ่มลงไปในถังฟอก จึงไม่มีผลกระทบเพราะไม่มีการทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม แต่น้ำเสียที่เกิดจากการล้างฝาดกลับจะเป็นปัญหามากกว่า

ในการล้างฝาดจำเป็นต้องอาศัยกรดออกซาลิกซึ่งจะเหลืออยู่ในน้ำเสียพร้อมกับฝาดส่วนเกินด้วย (ดูรูปที่ 3.9)

เศษหนังเจียรจากการฟอกฝาดไม่มีโครเมียมจึงสามารถกำจัดด้วยวิธีธรรมดาและไม่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนการทาสีหนังฟอกฝาดก็เป็นการทา/พ่นสีลงไปที่ผิวหน้าของหนังและไม่มีน้ำเสียที่มีปริมาณมากนัก (ดูรูปที่ 3.10) อาจบำบัดได้โดยปล่อยให้ตกตะกอนแล้วส่งน้ำที่เหลือไปยังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน



รูปที่ 3.9 น้ำเสียจากการฟอกฝาด



รูปที่ 3.10 น้ำเสียจากการย้อมสี/ทาน้ำมัน สำหรับหนังฟอกฝาด

3.11 สรุปลักษณะสมบัติน้ำเสียรวมจากอุตสาหกรรมฟอกหนังของไทย

(หน่วยเป็น มก./ล. ยกเว้นค่าพีเอช)

	ค่าเฉลี่ย	**ค่าต่ำสุด-สูงสุด**
pH	8.15	6.67-8.64
BOD	1,535	958-4,200
COD	4,150	2,433-8,100
TKN	394	215-644
SS	2,097	1,027-4,361
TS	13,857	9,118-21,881
Cr	77.68	18-204.4

3.12 สรุปมลพิษ (Pollution Load)

โดยสรุปแล้ว สิ่งสกปรกหรือมลพิษจากโรงงานฟอกหนัง จะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารเคมีที่ใช้ แต่โดยเฉลี่ยแล้ว มลพิษที่เกิดขึ้นจะเป็นไปดังนี้

	เยอรมัน	**ไทย**	**หน่วย**
พีเอช	3.5-12	-	-
ซีโอดี	90-100	80	กก./ตันหนังดิบ
บีโอดี	28-40	28	กก./ตันหนังดิบ
โครเมียม (ทั้งหมด)	1.5-3	1.4	กก./ตันหนังดิบ
ซัลไฟด์	5-6	-	กก./ตันหนังดิบ
ตะกอนหนัก (จมตัวได้)	70-100	-	กก./ตันหนังดิบ
สารแขวนลอย	-	40	กก./ตันหนังดิบ
TKN	-	7.16	กก./ตันหนังดิบ
น้ำเสีย	20-30	10-30	ลบ.ม./ตัน

บทที่ 4
วิธีการลดมลพิษน้ำเสียและของเสียจากการผลิต

การลดของเสียจากการผลิต จะทำให้มีของเสียที่ต้องไปจัดการหรือบำบัดน้อยลง ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จึงน้อยลง รวมทั้งยังเป็นการลดปริมาณมลพิษลงได้อีกด้วย สารมลพิษหรือสิ่งสกปรกเหล่านี้มี 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ น้ำเสีย กากของเสีย และก๊าซมลพิษ ในต่างประเทศได้มีการใช้เทคโนโลยีช่วยลดมลพิษ (Clean Technology) ดังแสดงในแผนภาพที่แนบ

หลักการลดของเสียมีหลักใหญ่ๆ อยู่ 4 อย่าง เรียกว่า **4R** คือ

1. **Reject** คือ **ไม่ใช้** ถ้ารู้ว่าการใช้สารเคมีใด หรือวัตถุดิบใด จะก่อให้เกิดปัญหามาก ก็หันไปใช้อย่างอื่นแทน เช่น อาจใช้สารประเภทอะลูมินัมมาแทนโครเมียมในการฟอกหนัง
2. **Reduction** คือ **ลดใช้** ถ้ายังจำเป็นต้องใช้อยู่ ก็ต้องใช้ให้น้อยลง เช่น ใช้น้ำในการล้างถังให้น้อยลง หรืออาจหมายถึงลดของเสียก็ได้ เช่น ใช้น้ำหรือสารเคมีซ้ำแล้วซ้ำอีก โดยไม่ถ่ายออกมาเป็นน้ำเสีย ฯลฯ
3. **Reuse** คือ **ใช้อีก** ได้แก่การนำน้ำ สารเคมี หรือวัตถุใดๆ ที่ถ่ายเทหรือทิ้งออกไปแล้ว มารวบรวมในถัง แล้วสูบหรือตักกลับมาใช้อีกไปเรื่อยๆ จนกว่าจะสกปรกเกินไป จึงค่อยทิ้งออกไป
4. **Recycle** คือ **เวียนใช้ใหม่** โดยใช้กระบวนการต่างๆ มาสกัดเอาสารบางชนิดในของเสีย แล้วนำกลับมาใช้ในการผลิตอีก เช่น การสกัดเอาโครเมียมจากน้ำเสียจากถังฟอกโครม แล้วเวียนมาใช้ในการฟอกหนังใหม่อีก เป็นต้น

วิธีการ 4R นี้ สามารถนำมาใช้ได้กับทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตในโรงงานฟอกหนัง ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป โดยแยกเป็นด้านน้ำเสียและกากของเสีย (ของแข็ง) ดังนี้

4.1 การลดมลพิษน้ำเสีย

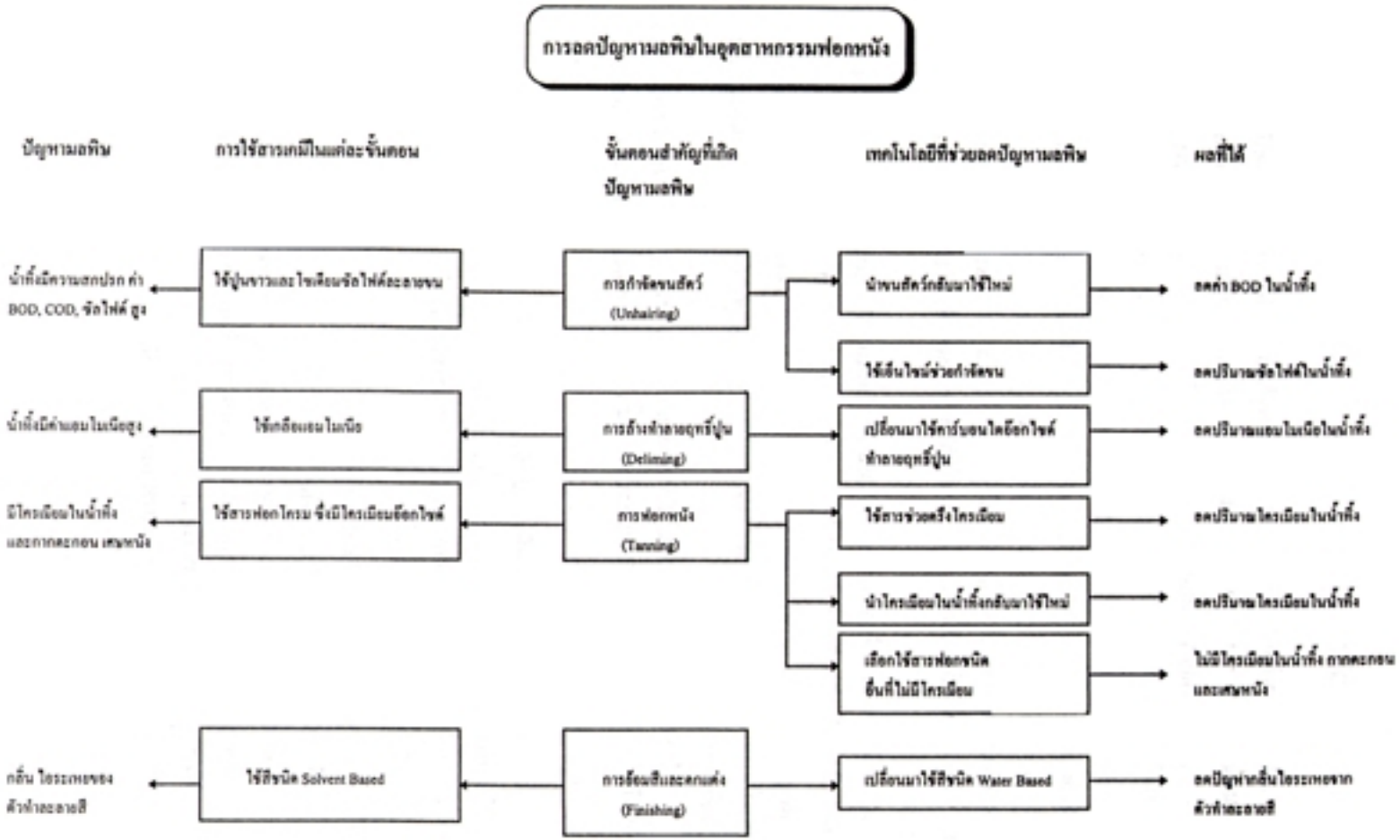
การลดความสกปรกหรือมลพิษในน้ำเสีย ทำได้ด้วยการ :-

- ลดปริมาณน้ำใช้ (ซึ่งจะลดปริมาณน้ำเสียลงด้วย)
- การใช้สารเคมีให้มีประสิทธิภาพ (ลดปริมาณสารมลพิษ)
- การนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่อีก

4.1.1 เทคนิคการลดปริมาณน้ำใช้

วิธีการนี้ทำได้โดยวิธีการง่ายๆ ได้แก่

- การใช้ภาชนะบรรจุให้ได้ขนาดเหมาะสม เพื่อลดปัญหาการหกล้นของน้ำเสียออกนอกภาชนะ
- ติดมิเตอร์วัดการใช้น้ำในทุกขั้นตอน และทำการบันทึกการใช้น้ำในแต่ละวัน วิธีนี้จะช่วยให้ทราบว่ามีการใช้น้ำเกินควรหรือไม่
- ใช้ระบบการเติมและปิดน้ำและสารเคมีแบบอัตโนมัติ


การลดปัญหามลพิษในอุตสาหกรรมฟอกหนัง
ปัญหามลพิษ
การใช้สารเคมีในแต่ละขั้นตอน
ขั้นตอนสำคัญที่เกิดปัญหามลพิษ
เทคโนโลยีที่ช่วยลดปัญหามลพิษ
ผลที่ได้
น้ำทิ้งมีความสกปรก ค่า BOD, COD, ซัลไฟด์ สูง
ใช้ปูนขาวและโซเดียมซัลไฟด์ละลายขน
การกำจัดขนสัตว์ (Unhairing)
นำขนสัตว์กลับมาใช้ใหม่
ลดค่า BOD ในน้ำทิ้ง
ใช้เอ็นไซม์ช่วยกำจัดขน
ลดปริมาณซัลไฟด์ในน้ำทิ้ง
น้ำทิ้งมีค่าแอมโมเนียสูง
ใช้กลือแอมโมเนีย
การล้างทำลายอุทธีปูน (Deliming)
เปลี่ยนมาใช้คาร์บอนไดออกไซด์ทำลายอุทธีปูน
ลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำทิ้ง
มีโครเมียมในน้ำทิ้ง และกากตะกอน เศษหนัง
ใช้สารฟอกโครม ซึ่งมีโครเมียมอ็อกไซด์
การฟอกหนัง (Tanning)
ใช้สารช่วยตรึงโครเมียม
ลดปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้ง
นำโครเมียมในน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่
ลดปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้ง
เลือกใช้สารฟอกชนิดอื่นที่ไม่มีโครเมียม
ไม่มีโครเมียมในน้ำทิ้ง กากตะกอน และเศษหนัง
กลิ่น ไอระเหยของตัวทำละลายสี
ใช้สีชนิด Solvent Based
การย้อมสีและตกแต่ง (Finishing)
เปลี่ยนมาใช้สีชนิด Water Based
ลดปัญหากลิ่นไอระเหยจากตัวทำละลายสี

ใช้ระบบการล้างแบบสวนทาง หรือ counter-current คือ ใช้น้ำสะอาดมาล้างหนังหรือชิ้นงานที่ค่อนข้างสะอาด (ผ่านการล้างมาบ้างแล้ว) แล้วจึงใช้น้ำที่สกปรก (ใช้ล้างหนังมาแล้ว) มาล้างหนังหรือชิ้นงานที่สกปรกมากๆ วิธีนี้จะประหยัดน้ำลงได้มาก

- เฝ้าระวังไม่ให้ใช้น้ำล้างเกินความจำเป็น
- ไม่ควรใช้ระบบแช่หนังในถัง แล้วปล่อยน้ำล้างไหลเข้าถัง และปล่อยให้ไหลล้นออกไปตลอดเวลา ควรปรับปรุงระบบการล้างให้เป็นแบบแช่หนังในน้ำนานๆ และใช้น้ำในถังซ้ำแล้วซ้ำเล่า จนกว่าน้ำจะสกปรกมาก และต้องถ่ายทิ้ง
- ควรเอาน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบำบัดแล้ว มาใช้ในกิจกรรมที่ไม่ต้องการความสะอาดมากนัก เช่น แช่หนัง, ผสมปูน, ล้างพื้น, ล้างถัง ฯลฯ

4.1.2 **<u>การลดซัลไฟด์ในขั้นตอนการแช่น้ำปูนและกัดขน</u>**

ซัลไฟด์เป็นต้นเหตุของการเกิดก๊าซไข่เน่า ซึ่งเหม็นมาก และเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ตลอดจนเป็นสารพิษที่ทำให้ถึงตายได้ จึงต้องพยายามลดการใช้ซัลไฟด์ลง

ในต่างประเทศใช้เอนไซม์มาช่วยกำจัดขนแทนการใช้ซัลไฟด์ วิธีนี้จะทำให้ไม่มีสารซัลไฟด์ในน้ำเสีย หรือถ้ามี ก็ในปริมาณที่ลดลง อีกทั้งความสกปรก (บีโอดี) ก็จะลดลงด้วย

แต่จำเป็นต้องมีการโกนขนด้วยวิธีกลตามมาอีกขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการแบบนี้

4.1.3 **<u>การหมุนเวียนใช้น้ำปูนขาว</u>**

ในขั้นตอนการแช่น้ำปูนกำจัดขน ขนจะถูกย่อยสลายในสารละลายปูนขาวของซัลไฟด์อย่างช้าๆ และจะจมอยู่ข้างล่าง นอกจากนั้นยังมีขนที่ยังไม่ถูกย่อยแยกจากหนังอีกด้วย โดยปกติเราจะระบายน้ำปูนขาว-ซัลไฟด์นี้ออกเป็นน้ำเสีย แต่เราสามารถนำสารละลายปูนขาวกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยนำมากรองเพื่อแยกสารแขวนลอย (ขนและเศษหนัง) ออก แล้วเติมซัลไฟด์เพิ่มในการใช้ครั้งต่อไป วิธีการนี้เป็นการลดซัลไฟด์ในน้ำเสีย แต่หลังจากนี้จะต้องล้างหนังให้สะอาดจึงต้องใช้น้ำล้างมากขึ้น

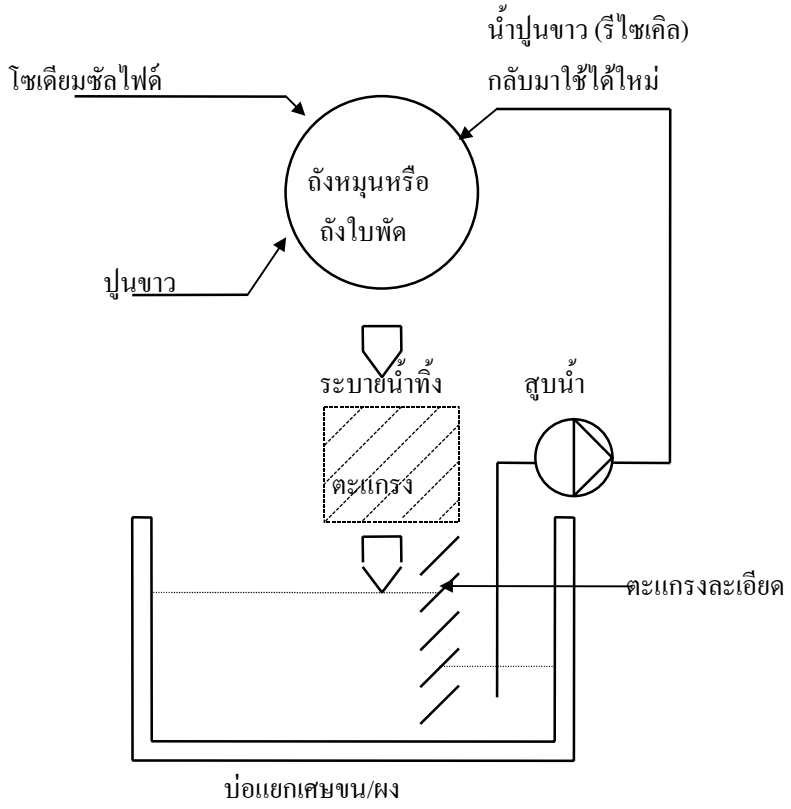
การนำสารละลายปูนขาวกลับมาใช้ใหม่นี้สามารถใช้ได้ถึง 10 ครั้งขึ้นไป แต่ต้องมีอุปกรณ์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์ในน้ำให้พอดี และต้องมีบ่อพักสารละลายปูนขาว

ข้อเสียของวิธีนี้คือน้ำเสียจากการกำจัดขนนี้จะมีสารอินทรีย์สูงมาก (ซีโอดีประมาณ 100 กรัมต่อลิตร หรือ 100,000 มก./ล. ในขณะที่น้ำสะอาดมีบีโอดีเพียงไม่ถึง 1 มก./ล. และน้ำคลองดำเน่ามีบีโอดีเพียง 20 - 40 มก./ล.) และมีกลิ่นเหม็น

ข้อดีของวิธีนี้คือทำได้ง่ายโดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิต และไม่มีผลกระทบต่อ คุณภาพของหนัง

วิธีการ

น้ำเสียจะถูกสูบหมุนเวียนจากถังหมุนไปที่เครื่องกรองเพื่อแยกเอาขนออก แล้วน้ำปูนขาวที่กรองแล้วนี้จะถูกสูบกลับไปที่ถังหมุน (ดูรูปที่ 4.1) วิธีการนี้ใช้ได้กับถังที่มีใบพัดด้วย โดยน้ำเสียจะถูกสูบจากถังใบพัดไปที่เครื่องกรองที่อยู่สูงกว่าแล้วปล่อยให้น้ำกรอง (น้ำปูนขาว) ไหลลงมาในถัง ใบพัด เครื่องกรองนี้อาจเป็นเครื่องกรองแบบหมุน ตะแกรงโลหะ หรือพลาสติกก็ได้



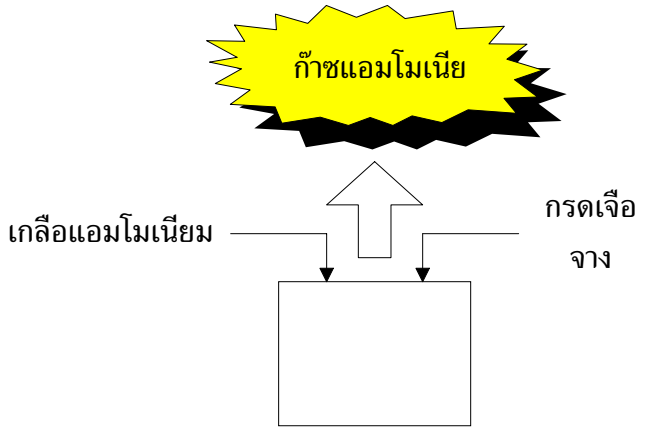
รูปที่ 4.1 การนำน้ำปูนกลับมาใช้ใหม่

ค่าใช้จ่าย

การแช่น้ำปูนขาว เพื่อกำจัดขนนี้ มักแช่ไว้นานหนึ่งวันสำหรับแช่หนังโค และสองวันสำหรับหนังกระบือ โดยใช้น้ำประมาณ 3 ลบ.ม. (ตัน) ต่อตันหนังดิบ ซึ่งปกติจะแช่ครั้งละ 6 ตัน จึงมีน้ำเสียออกมาครั้งละประมาณ 18 - 20 ลบ.ม. (ตัน) ค่าใช้จ่ายในการทำบ่อกักน้ำปูนหรือบ่อแยกเศษขนรวมทั้งเครื่องกรอง (อย่างหยาบ) ประมาณ 3 - 4 หมื่นบาทต่อถังกัดขน ซึ่งน่าจะคุ้มทุนในเวลาไม่เกิน 2 ปี

4.1.4 **<u>การล้างปูนขาวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์</u> (แทนเกลือแอมโมเนียม)**

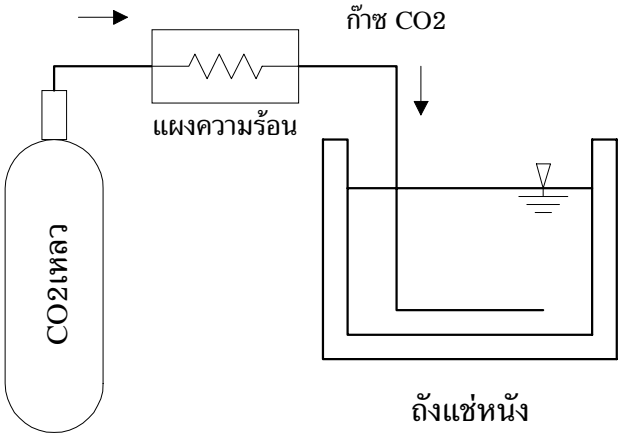
ก่อนที่จะฟอกเราจำเป็นต้องปรับสภาพหนังก่อน โดยการล้างทำลายฤทธิ์ปูนด้วยเกลือแอมโมเนียมและกรดอินทรีย์เจือจาง น้ำเสียจากกระบวนการนี้จึงมีก๊าซแอมโมเนียสูง ซึ่งทำให้ระคายเคืองต่อตาและจมูก รวมทั้งปอด ฯลฯ ได้ (ดูรูปที่ 4.2) และเกลือแอมโมเนียมถ้าทิ้งลงน้ำ จะเป็นพิษต่อปลา นอกจากนี้ เกลือแอมโมเนียมนี้ ถ้าอยู่ในน้ำเสีย จะทำให้การตกตะกอนผลึกโครเมียมในกระบวนการตกตะกอนโครเมียม (หัวข้อ 4.1.5 ค. และ 5.2) ทำได้ยากด้วย จึงต้องพยายามหลีกเลี่ยงให้มีการใช้เกลือแอมโมเนียมให้น้อยที่สุด



รูปที่ 4.2 การเกิดก๊าซแอมโมเนียในขั้นตอนการล้างน้ำปูนด้วยวิธีเดิม

เพื่อลดปัญหามีเกลือแอมโมเนียมในน้ำเสีย และกลิ่นรำคาญในโรงงาน ในต่างประเทศจึงเปลี่ยนมาใช้เป็นวิธีการล้างทำลายฤทธิ์ปูนขาวด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แทนการใช้เกลือแอมโมเนียม โดยก๊าซนี้จะทำปฏิกิริยากับปูนขาวกลายเป็น “หินปูน”ขึ้นมาแทน (ดูรูปที่ 4.3) ข้อดีของการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ คือสามารถทำได้แบบอัตโนมัติ โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่ใส่ในถังที่มีท่อต่อผ่านเครื่องทำความร้อน (คาร์บอนไดออกไซด์เหลวจะกลายเป็นก๊าซ) แล้วจึงผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้ไปยังถังใส่หนัง วิธีการนี้จะเหมาะสำหรับใช้กับหนังที่ผ่าแยกชั้นแล้ว (ความหนาไม่ควรเกิน 3 มม.)

ราคาลงทุนของวิธีนี้ค่อนข้างสูงและมีข้อจำกัดคือต้องใช้เวลาในการล้างปูนขาวเพิ่มนานขึ้น และพีเอชของน้ำจะลดลง ทำให้มีโอกาสเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (หรือก๊าซไข่เน่า) จึงเกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นตามมาได้ อาจต้องใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ช่วยออกซิไดซัลไฟด์



รูปที่ 4.3 การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ล้างฤทธิ์ปูนขาว

4.1.5 <u>การลดโครเมียมในน้ำทิ้ง</u>

ในกระบวนการฟอกโครม ผู้ฟอกจะนำหนังที่ผ่านการกำจัดปูนขาวแล้วมาดองด้วยกรดกำมะถันเพื่อทำลายฤทธิ์ด่างและปรับพีเอช หลังจากนั้นเติมสารเบสิกโครเมียม (III) ซัลเฟต ซึ่งมีปริมาณโครเมียมร้อยละ 26 ในรูป Cr_2O_3 ในขั้นตอนนี้ผงโครมถูกใช้ไปประมาณ 8-10 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักหนังและใช้เวลาในการฟอก 8-10 ชั่วโมงในถังหมุน

โครเมียมจะทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลของโปรตีนในหนัง ทำให้หนังคงตัวไม่เน่าเปื่อย แต่หนังจะจับโครเมียมได้ไม่หมด (ได้ประมาณ 65-70%) และจะมีโครเมียมเหลือในน้ำฟอกโครมและถูกทิ้งปนไปกับน้ำเสียและของเสียประมาณ 30-35% ซึ่งแจกแจงได้ดังนี้

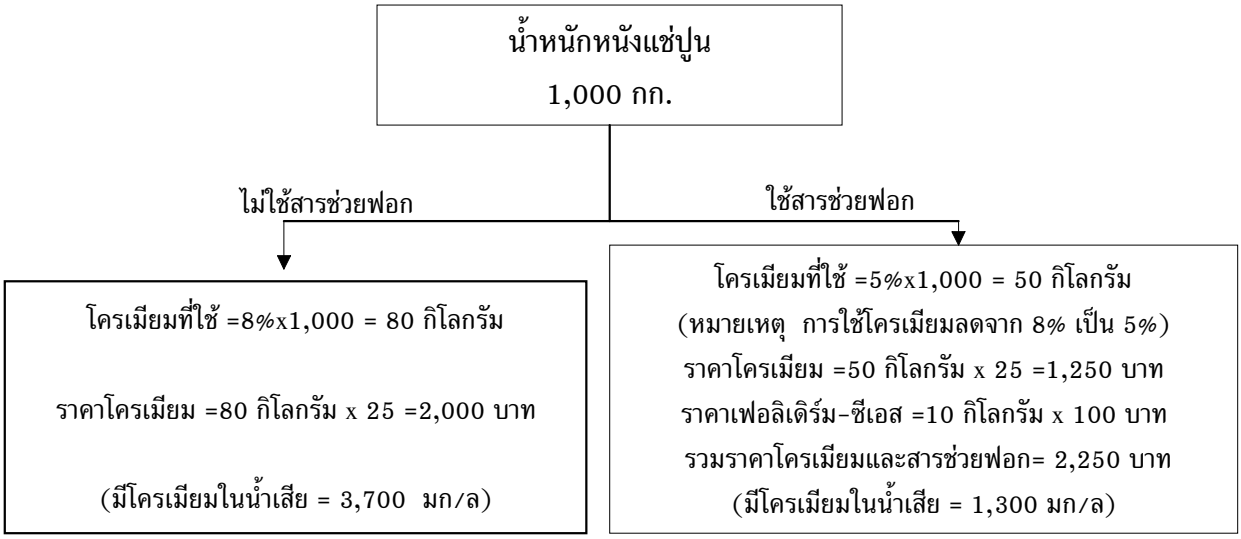
- 20 เปอร์เซนต์ เหลือในน้ำทิ้งจากการฟอกโครม ส่วนนี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- 2 เปอร์เซนต์ อยู่ในน้ำที่ค้างในชั้นหนังที่ฟอกแล้ว
- 8 เปอร์เซนต์ อยู่ในน้ำที่ทิ้งจากการรีดน้ำ (sammying float)
- 3 - 5 เปอร์เซนต์ อยู่ในหนังเจียร เส้นใยหนังและเศษหนัง
- 2 - 7 เปอร์เซนต์ อยู่ในน้ำฟอกซ้ำ

น้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกโครมหนังดิบ 1 ตัน จะเกิดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร และมีโครเมียมในน้ำเสียเฉลี่ย 3 กรัมต่อลิตร (หรือ 3,000 มก./ล.) ส่วนปริมาณสารอินทรีย์และสารแขวนลอยในน้ำเสียส่วนนี้พบไม่มากนัก จึงควรมีมาตรการลดโครเมียมในน้ำเสียให้มากที่สุด อนึ่งเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการลดโครเมียมในน้ำเสียมี 3 วิธี ดังนี้คือ

ก) การทำให้โครเมียมจับกับหนังดีขึ้น (high exhaustion tanning)

ในปัจจุบันมีการใช้ “สารช่วยฟอก” หรือ “สารช่วยตรึงโครเมียม” ร่วมในกระบวนการฟอกโครม ซึ่งสารนี้จะช่วยทำให้หนังจับกับโครเมียมดีขึ้น ทำให้ลดปริมาณโครเมียมที่ใช้ในการฟอกลงได้ และเป็นการลดปริมาณโครเมียมที่ถ่ายทิ้งในน้ำเสียลงด้วย

ตัวอย่างกรณีศึกษา ของการใช้ของสารเคมีประเภทนี้ได้แก่ เฟอลิเดิร์ม-ซีเอส



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้สารช่วยฟอก เฟอลิเดิร์ม-ซีเอส

เห็นได้ชัดว่า โครเมียมในน้ำเสียจากวิธีการใช้สารช่วยฟอก (1,300 มก.Cr/ล.) มีน้อยกว่าจากวิธีการปกติ (3,700 มก.Cr/ล.) อย่างไรก็ตาม น้ำเสียทั้งสองนี้ก็ยังต้องผ่านการบำบัดอย่างดีก่อนจะปล่อยทิ้งได้

อนึ่งการใช้สารประกอบเชิงซ้อน (complex) ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ และโครเมียมแบบเฟอลิเดิร์ม-ซีเอส เช่นนี้ จะทำให้ขั้นตอนการกำจัดหรือตกตะกอนโครเมียมด้วยสารเคมีประเภทด่างทำได้ยากขึ้นในภายหลังด้วย

ข) <u>การใช้น้ำยาฟอกซ้ำอีก</u>

เมื่อฟอกเสร็จแล้ว น้ำเสียหรือน้ำฟอกยังมีโครเมียมเหลืออยู่อีกมาก ดังนั้นถ้าไม่เทน้ำฟอกนี้ทิ้ง แต่กลับเติมสารฟอกหนัง (โครเมียมซัลเฟต) ลงไปในถังฟอก เพิ่มจนได้ความเข้มข้นที่ต้องการ และทำการฟอกต่อ ก็จะสามารถประหยัดน้ำใช้ (รวมถึงมีน้ำเสียน้อยลง) และมีสารมลพิษออกมาน้อยลงได้

แต่ในวิธีนี้ ต้องมีการวิเคราะห์น้ำในถังฟอกอย่างดี และต้องระบายน้ำออกทิ้ง เมื่อมีเกลือสารอินทรีย์มากเกินไป

ปกติแล้ว ต้องถ่ายทิ้งหลังจากใช้งานซ้ำๆ มาแล้ว ทุก 3-4 เดือน

ค) <u>การนำโครเมียมกลับมาใช้ใหม่</u>

การนำโครเมียมกลับมาใช้ใหม่ หมายถึงการแยกโครเมียมจากน้ำเสียที่ระบายออกมาจากการฟอกโครม โดยการตกตะกอนผลึกโครเมียมด้วยสารละลายด่าง ซึ่งพบว่าสารละลายด่างที่ดีที่สุด ได้แก่แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แล้วใช้กรดซัลฟูริกละลายโครเมียมในตะกอนผลึกนี้เพื่อนำสารละลายโครเมียมที่ได้กลับไปใช้ในการฟอกหนังใหม่ ดูรูปที่ 4.5 และ 4.6 วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและไม่ยุ่งยากมาก รวมทั้งไม่มีผลต่อคุณภาพหนังผลิต ส่วนน้ำที่ผ่านการตกตะกอนผลึกแล้วนี้จะมีโครเมียมลดลงถึงมากกว่า 90 เปอร์เซนต์ จึงเป็นการลดมลพิษโครเมียมลงได้อย่างมาก

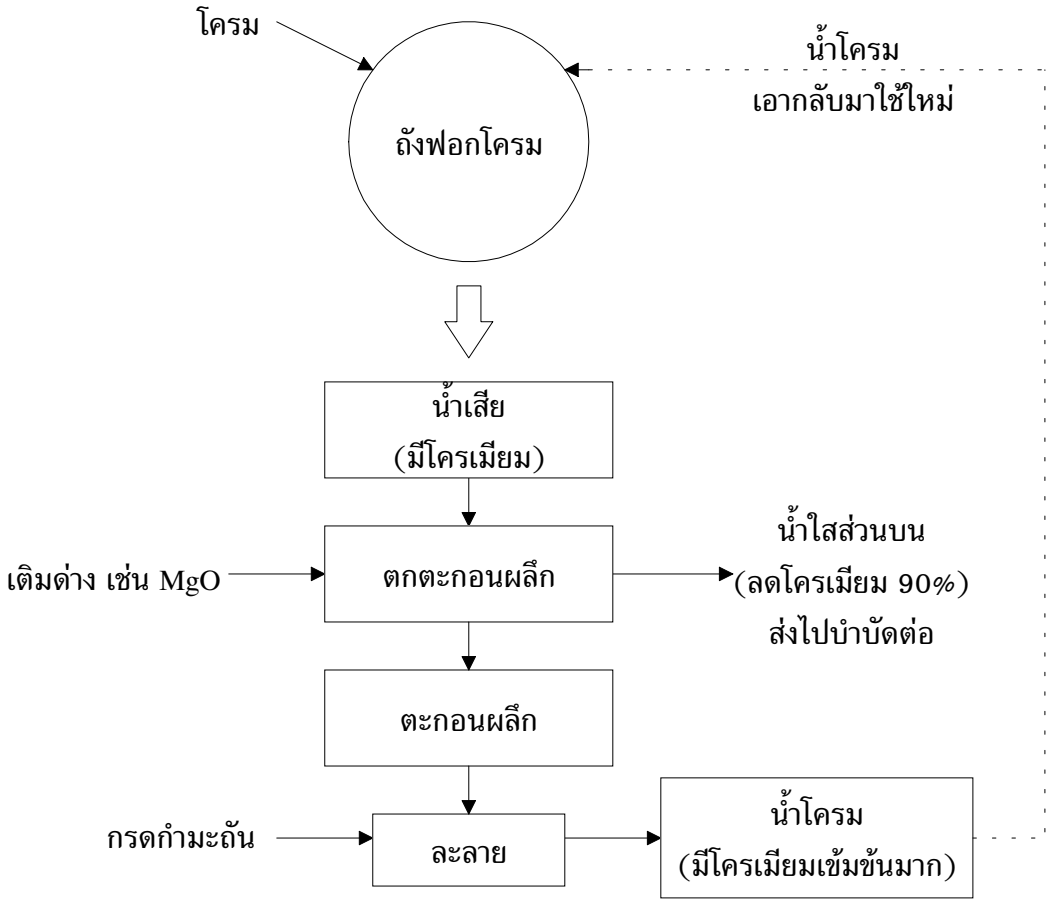
ขั้นตอนการเดินระบบนำกลับโครเมียมฯ มีดังนี้

ก. ปล่อยน้ำเสียจากถังฟอกโครมไปที่บ่อพัก ที่บ่อพักต้องมีตะแกรงดักเศษผงและเส้นใยหนังอย่างละเอียดตาถี่ไม่น้อยกว่า 5 มม.

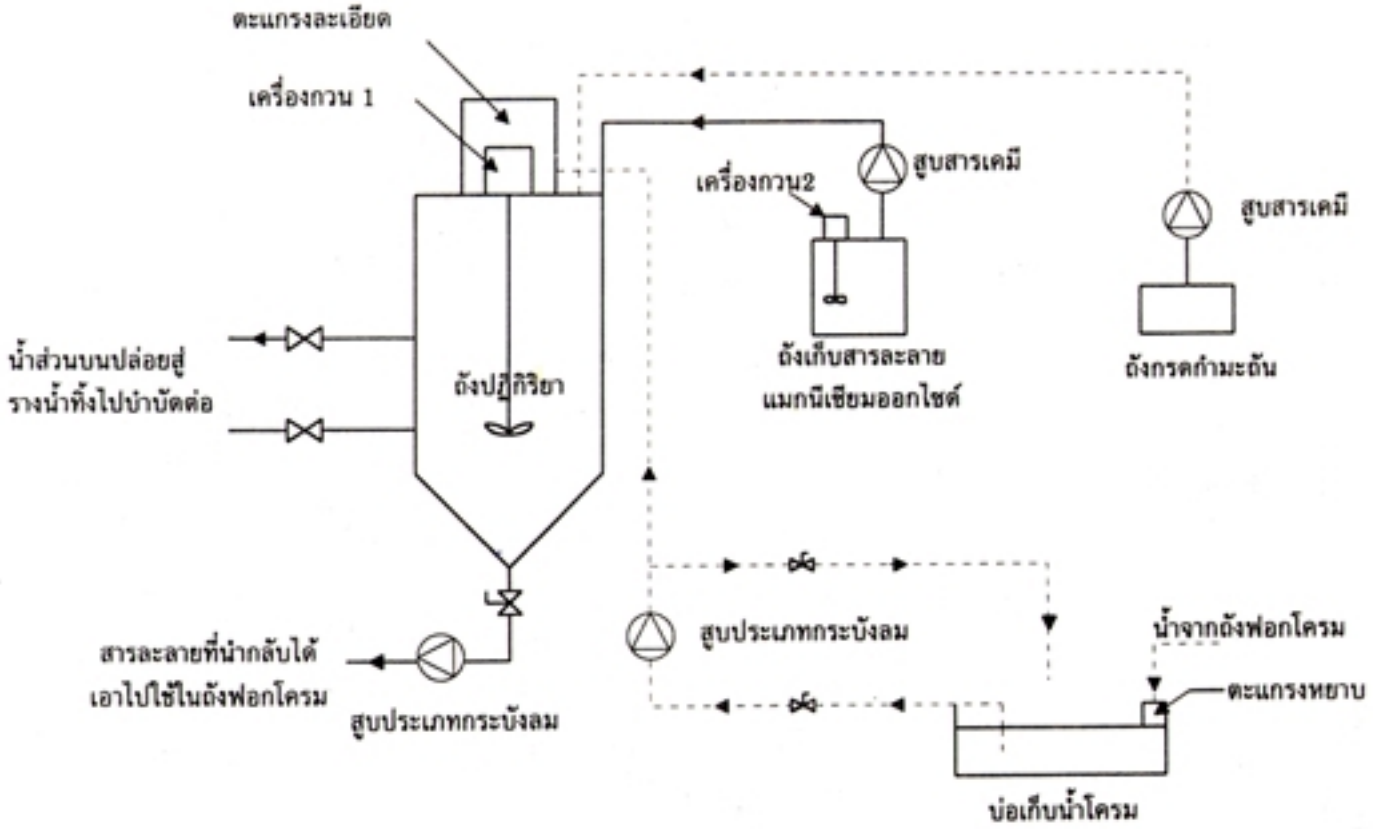
ข. รวบรวมน้ำเสียจนได้มากพอ ควรจะไม่น้อยกว่า 2-3 ลบ.ม.

ค. สูบเข้าถังตกตะกอน โดยผ่านตะแกรงละเอียดมาก (HYDROSCREEN หรือ SCREEN DRUM) อีกที

ง. กวนน้ำให้เข้ากัน แล้วเก็บตัวอย่างน้ำมาวัดความเข้มข้นโครเมียม ดูวิธีวัดในภาคผนวก จ.



รูปที่ 4.5 เทคนิคการนำโครเมียมกลับมาใช้ใหม่ในการฟอกหนัง



รูปที่ 4.6 อุปกรณ์ในการนำกลับโครเมียม

จ. หาปริมาณสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ที่ต้องการ โดยดูจากตารางข้างล่าง

ค่าโครเมียมที่อ่านได้ (กรัม/ลิตร)	1	1.5	2	2.5	3
ปริมาตร MgO ที่ต้องเติม (ลิตร)	100	150	190	240	290

หมายเหตุ: 1) สำหรับน้ำเสีย 3 ลบ.ม. ส่วนกรณีอื่นให้เทียบสัดส่วนเอา

2) สารละลาย MgO เตรียมได้โดยใช้ MgO 30 กิโลกรัม ต่อน้ำ 300 ลิตร ต้องเตรียมก่อนใช้ 1 วัน และต้องกวนผสมตลอดเวลาในช่วงใช้งาน

ฉ. ตวงสารละลายแมกนีเซียมฯ ให้ได้ตามต้องการ

ช. เติมลงในถังตกตะกอน พร้อมกับกวนผสมให้เข้ากันนาน 1 ชม. พีเอชควรอยู่ในช่วง 9.0ถึง 9.5

ซ. หยุดเครื่องกวน ปล่อยให้ตกตะกอนนานอย่างน้อย 1 ชม.

ฌ. เปิดวาล์วปล่อยน้ำส่วนบน (มีโครเมียมลดลงไปแล้วมากกว่า 90-95%) ลงรางระบาย เพื่อไปบำบัดรวมกับน้ำเสียส่วนอื่นๆ ให้เหลือแต่เฉพาะสลัดจ์ (ตะกอน) อยู่ในถัง

ญ. เปิดเครื่องกวนใหม่อีกครั้ง

ฎ. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1+1 (กรด 1 ส่วน + น้ำ 1 ส่วน โดยเติมน้ำ 50 ลิตร ลงถัง แล้วค่อยๆ เติมกรดจำนวน 50 ลิตร เพิ่มลงอย่างช้าๆ) ลงไป จนวัดพีเอชได้ 2.5- 2.8 พร้อมกับเปิดใบพัดกวนตลอดเวลา

ฏ. กวนไปจนตะกอนละลายหมด วัดความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายโครเมียมที่ได้

ฐ. คำนวณปริมาณโครเมียมที่มีในสารละลาย โดยดูจากตารางที่ 4.1

ฑ. สูบสารละลายกรดโครเมียมที่ได้ไปใช้ในการฟอกหนังต่อ โดยเติมลงในถังฟอกโครมได้โดยตรง

ฒ. เติมไดอะโครม-อาร์ เพิ่มจนได้ตามสูตรการฟอกของโรงงานนั้นๆ

ณ. ทำการฟอก จนเสร็จสิ้นกระบวนการ และเริ่มขั้นตอน ก. ใหม่อีกครั้ง

รายละเอียดของวิธีนี้รวมไปถึงค่าใช้จ่าย และการคุ้มทุนสามารถดูเพิ่มเติมในภาคผนวก ค. ซึ่งสรุปได้สั้นๆว่า ถ้าลงทุนอยู่ในวงเงิน 3-5 แสนบาท (ขึ้นกับขนาดของโรงงาน) และไม่ใช้เฟลิเดอร์ม-ซีเอส น้ำเสียจะมีความเข้มข้นโครเมียมสูง ทำให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้มาก และสามารถคุ้มทุนในระยะเวลา 2-3 ปี แต่ถ้าใช้เฟริเดอร์ม-ซีเอส น้ำเสียจะมีปริมาณโครเมียมน้อย การนำโครเมียมกลับมาใช้อีกในกรณีนี้จึงไม่คุ้มทุน

ตารางที่ 4.1 ปริมาณโครเมียมที่นำกลับได้ในรูปสารฟอก (ไดอะโครม อาร์) เป็น กิโลกรัม

สารละลายโครเมียม (ลิตร) / ความเข้มข้นของโครเมียม (กรัม/ลิตร)	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
15.0	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
20.0	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
25.0	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
30.0	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96
35.0	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112
40.0	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128
45.0	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144
50.0	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
55.0	66	77	88	99	110	121	132	143	154	165	176
60.0	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192

ง) การใช้สารอื่นแทนโครเมียม

อลูมิเนียม, ไซโครเนียม, ไทเทเนียม และเกลือของเหล็ก (III) สามารถใช้แทนที่โครเมียมในการฟอกหนัง แต่หนังที่ฟอกโดยใช้เกลือของธาตุเหล่านี้จะมีคุณภาพด้อยกว่าหนังที่ฟอกด้วยสารโครเมียมทั้งในด้านความนุ่มและหนา และหนังดังกล่าวยังสามารถทนต่อความร้อนได้ต่ำกว่าหนังฟอกโครม ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับอุตสาหกรรมรองเท้า

ข้อดีของกระบวนการนี้คือได้เศษหนังเจียรที่ไม่มีโครเมียมปะปน จึงสามารถเอาไปทิ้งถมที่ได้ หรือ นำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ทำหนังอัดแผ่น ผสมปุ๋ย ผลิตกระเบื้องหลังคาได้

4.2 การลดปัญหากากของเสีย

กากของเสียในที่นี้ ได้แก่ กากหนังสัตว์ กีบ เขา เศษกระดูก เศษหนังชิ้นเล็กๆ ตะกอนแห้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย ฯลฯ

4.2.1 ของเสียจากขั้นตอนการเก็บรักษาหนัง

หนังสัตว์เมื่อแล่ออกมาจากซากสัตว์แล้ว จะต้องมีการรักษาไม่ให้เน่าเปื่อย โดยปกติหนังดิบที่ส่งเข้ามาสู่โรงงานในประเทศจะใช้วิธีดองเกลือ ซึ่งต้องกำจัดออกก่อนเข้าสู่กระบวนการเตรียมหนังก่อนการฟอก โดยการเคาะไล่ให้เกลือหล่นออกจากหนัง

เกลือเหลือใช้เหล่านี้ บางทีจะถูกนำไปถมที่หรือถมดิน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดปัญหาแก่สิ่งแวดล้อมได้ เพราะทำให้ดินไม่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก หรือเกลืออาจละลายและซึมลงดินและน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์น้ำและพรรณพืชตายลง

หากโรงฟอกหนังตั้งอยู่ใกล้หรือติดทะเล ปัญหานี้อาจไม่รุนแรงนัก เพราะผลกระทบจะไม่ชัดเจน ด้วยเหตุผลที่ว่าน้ำและดินบริเวณนั้นเค็มอยู่แล้ว

ของเสียจากขั้นตอนนี้ นอกจากเกลือแล้ว ได้แก่ มูลสัตว์ เลือด เศษขน และเศษหนังชั้นนอกชิ้นเล็กๆ

วิธีการที่จะช่วยลดหรือแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้แก่

ก) การแช่เย็น

- ใช้อุณหภูมิต่ำ กันไม่ให้หนังเน่า
- ราคาไม่ถูก ต้องมีรถขนส่ง และคอนเทนเนอร์พิเศษ
- สามารถใช้วิธีแช่ด้วยน้ำแข็งแห้ง หรือคาร์บอนไดออกไซด์เหลว
- เหมาะสำหรับโรงงานที่อยู่ไกลทะเล หรืออยู่ในบริเวณซึ่งดินอ่อนไหวต่อความเค็ม (ปลูกพืชไม่ได้)

ข) แยกเกลือกลับมาใช้ใหม่

- วิธีการมีดังนี้

  กวาดรวบรวมเม็ดเกลือ

  ผสมกับสารละลายเกลืออิ่มตัว

  เกิดการตกผลึกของเม็ดเกลือที่สะอาด ที่เอามาใช้ใหม่ได้

- ปัญหาคือ การหาสถานที่นำเกลือสะอาดเหล่านี้กลับไปใช้อีก การต้องขนย้ายไปยังโรงฆ่าสัตว์ หรือที่อื่นๆ ทำให้วิธีนี้ใช้ได้ผลไม่ทุกกรณี มีประเทศอินเดียที่ใช้ระบบนี้อยู่

- <u>แต่</u>สามารถนำเกลือที่ได้มาใช้ใหม่อีกในขั้นตอนการแช่หนัง, การดองกรด และการรักษาหนัง splittings

ค) การจัดการ

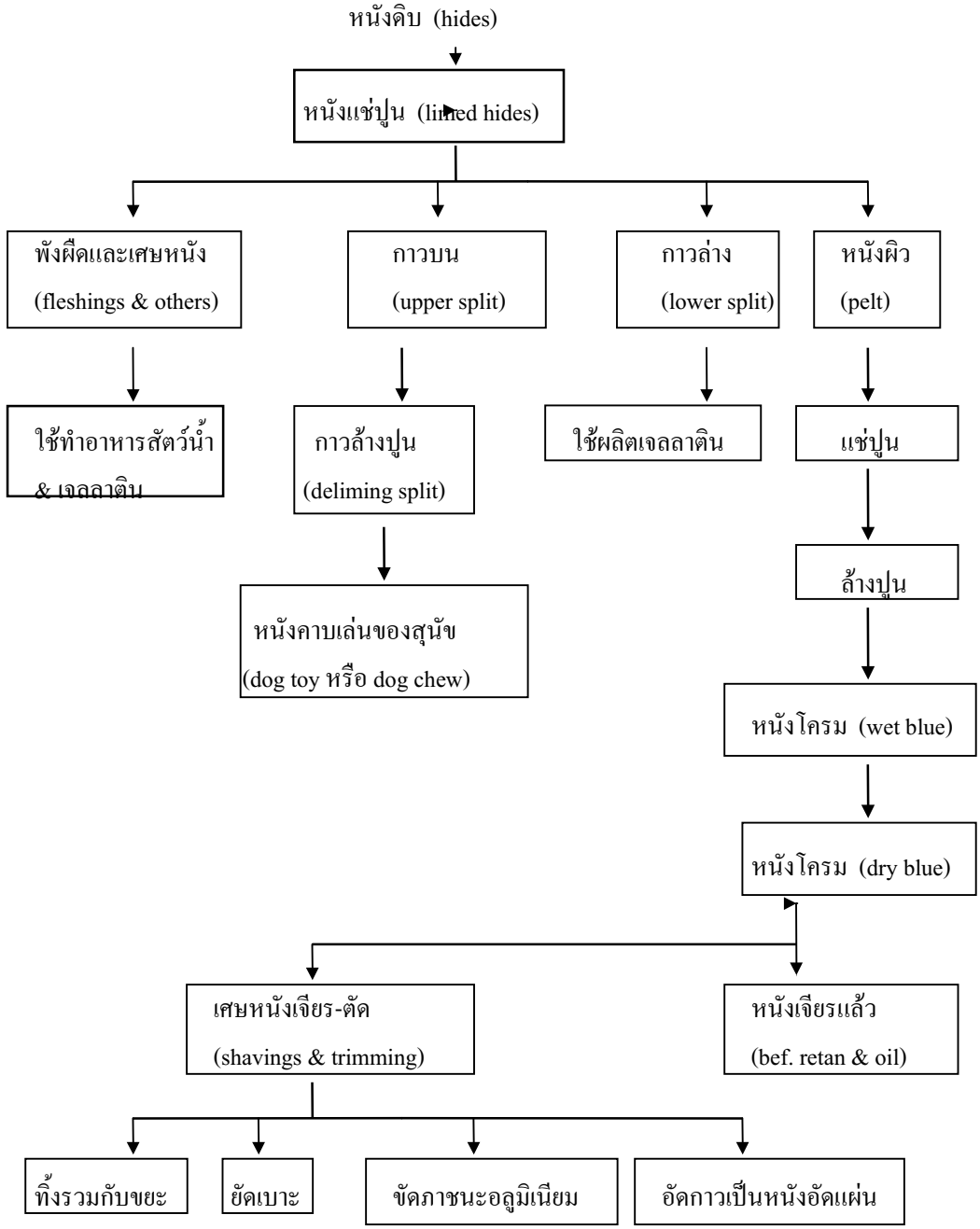
ถ้าไม่ต้องใช้เกลือมาดองหนังดิบ ปัญหานี้ก็จะหมดไป ดังนั้นหากมีการวางแผนงานและการจัดการที่มีประสิทธิภาพแล้ว ก็อาจประสานงานระหว่างโรงฆ่าสัตว์และโรงฟอกหนัง จัดการให้ขนส่งหนังดิบไปถึงโรงงานภายใน 24 ชั่วโมง และส่งตรงเข้า beamhouse หรือ กระบวนการเตรียมหนังได้โดยตรง โดยไม่ต้องดองเกลือหรือแช่เย็น วิธีการนี้จะลดปัญหามลพิษส่วนนี้ได้อย่างเด็ดขาด

4.2.2 **<u>ของเสียจากขั้นตอนการขูดพังผืดและผ่าแยกชั้น</u>**

ของเสียเหล่านี้ได้แก่ เศษหนังชิ้นเล็กๆ ที่ใช้งานไม่ได้ และ เศษขาหรือกีบเท้าสัตว์

ของเสียเหล่านี้มีคุณค่าทางการค้า เพราะสามารถนำมาทำเป็นของขบเคี้ยวสำหรับสุนัข (dog chew) หรือนำมาทำเป็นเจลาติน สำหรับทำต่อเป็นแคบซูลยา หรือซองไส้กรอก ฯลฯ หรือทำเป็นกาวหนัง หรือสกัดเอาไขมันมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเครื่องสำอางหรือสบู่ เป็นต้น

รายละเอียดของการนำของเสียนี้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ จะแสดงในรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.2 รวมทั้งภาคผนวก ก.



รูปที่ 4.7 วัตถุดิบ ผลผลิตและผลพลอยได้ของหนังที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ

ตารางที่ 4.2 การลดกากของเสียจากอุตสาหกรรมฟอกหนัง

ขั้นตอน	ลักษณะของเสีย	วิธีการนำไปใช้ประโยชน์/กำจัด	
		ต่างประเทศ	ในประเทศ ปัจจุบัน
1. <u>กระบวนการก่อนฟอก</u>			
การขูดพังผืด	เศษหนังดัด พังผืดที่มีปูนขาว	คอลลาเจน ไขมัน อาหารโปรตีน	ทำอาหารปลา ปุ๋ย
การผ่าแยกชั้น	หนังส่วนล่างที่มีปูนขาว กากบน	คอลลาเจน เจลาติน เปลือกไส้กรอก	
		ของแทะเล่นสำหรับสุนัข (Dog Chew)	ของแทะเล่นสำหรับสุนัข เจลาตินและกาว
2. <u>กระบวนการฟอกหนัง</u>			
ฟอกโครม			
การคัดเจียรหนัง	เศษหนังที่มีโครเมียม	กาว แผ่นกรองเสียง เจลาติน อาหารสัตว์ ปุ๋ย ผลิตภัณฑ์ลูคซับ leather board	ฝัง ทิ้ง
ฟอกฝาด			
การคัดเจียรหนัง	เศษหนัง	ปุ๋ย หนังแผ่น ผลิตภัณฑ์ลูคซับ leather board	ทิ้ง หนังราคาถูก
3. <u>การตกแต่งหนัง</u>	เศษหนังที่มีโครเมียมและสีย้อม	หนังราคาถูก	ขาย ทิ้ง

4.2.3 **<u>เศษหนังที่มีโครม</u>** (chrome shavings)

ในปัจจุบันเศษหนังจากการตัดเจียรหนังหลังฟอกโครม (จากขั้นตอน finishing, shaving, cutting) ในประเทศไทยจะถูกนำไปทิ้งกองบนดินพร้อมขยะอื่น ๆ หรือนำไปเผา วิธีดังกล่าวนี้ต้องเลิกใช้ เพราะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากเศษหนังเหล่านี้มีโครเมียม เป็นส่วนประกอบ

เศษหนังเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ โดยสามารถนำมาสกัดเอาโปรตีนและโครเมียมซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก วิธีการคือ นำเศษหนังตัดเจียรมาย่อยด้วยสารละลายด่าง จะได้โปรตีนแยกออกมาในสารละลาย จากนั้นนำกากที่เหลือจากการย่อยโปรตีนไปสกัดโครเมียมด้วยกรดซัลฟุริก โครเมียมที่ได้จะสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการฟอกหนังได้อีกครั้งหนึ่ง

ส่วนโปรตีนที่ได้จะสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกาว หรือ เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ และกากที่เหลือจากการสกัดโครเมียม ก็สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ ดูรูปที่ 4.8 รายละเอียดเพิ่มเติมดูได้ในภาคผนวก ข.

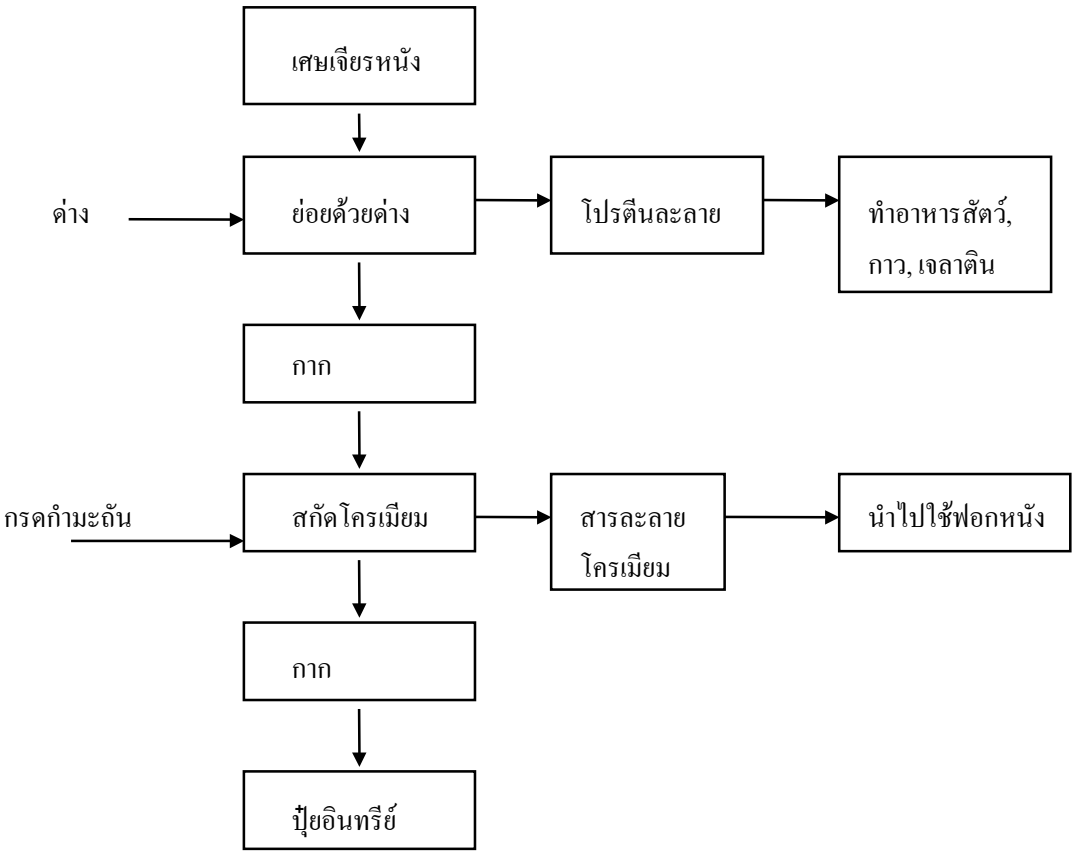
การวิเคราะห์ต้นทุน-กำไร ของกระบวนการดังกล่าว โดยสถาบัน AIT ได้ทดลองกับโรงงานฟอกหนังขนาดเล็กที่มีปริมาณการผลิต 100 ผืนต่อวัน ต้นทุนการดำเนินงานและการดูแลรักษาเครื่องมือ 252,000 บาทต่อปี และจะใช้เวลาการชำระหนี้ 5-7 ปี ขึ้นกับการขายผลผลิตที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ คือเป็นโปรตีนในรูปอาหารสัตว์ หรือการขายกาว

อีกวิธีการหนึ่งที่ในต่างประเทศใช้ในการแก้ปัญหา คือ นำไปผลิตเป็นหนังอัดแผ่น เพื่อใช้ในกิจกรรมหลายๆ อย่าง เช่น แผ่นป้องกันเสียงสะท้อน วัสดุรองพื้น พื้นรองเท้า แผ่นคั่นกระเป๋า และส้นรองเท้า หรือทำวัสดุต่าง ๆ ที่มีราคาถูก เช่น กระเป๋าถือผู้หญิง ปกหนังสือ กล่องเครื่องมือ ซึ่งขั้นตอนการผลิตหนังอัดแผ่นได้แสดงดังในรูปที่ 4.9

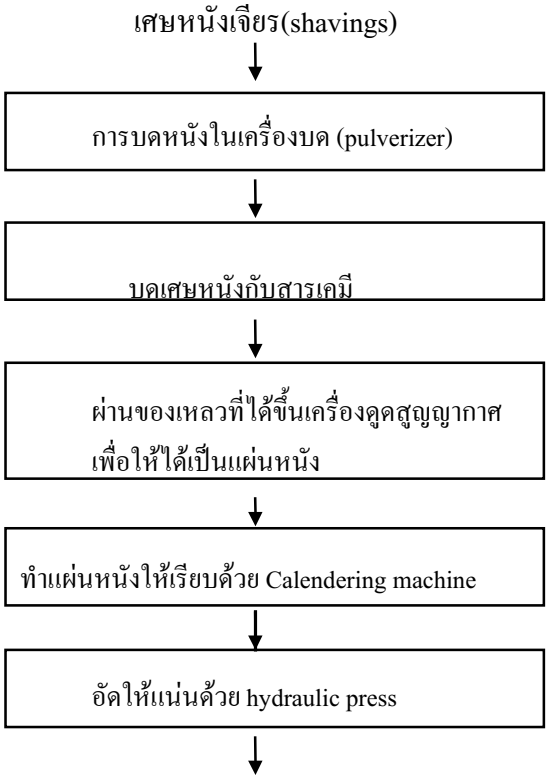
4.2.4 **<u>เศษหนังจากการตกแต่งหนัง</u>**

เศษหนังจากการตกแต่งหนัง ที่มีโครเมียมและสีย้อม ถ้ามีขนาดใหญ่สามารถขายได้ แต่ถ้าเป็นเศษชิ้นเล็กๆ วิธีการหนึ่งที่จะนำเศษหนังนี้ไปใช้ประโยชน์ คือใช้เป็นวัสดุบุเฟอร์นิเจอร์ และใช้เป็นวัสดุขัดผิวของภาชนะอลูมิเนียมในโรงผลิต แต่ถ้าเป็นฝุ่น (buffing dust) จากขั้นตอนการขัดผิวควรจะรวบรวมส่งศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม เพื่อทำการฝังอย่างถูกต้อง

ห้ามนำเศษหนังส่วนนี้ไปเผา เพราะจะเกิดสารพิษในรูปโครเมียม (VI) และขี้เถ้าที่ได้ก็จะเป็นพิษมากด้วย



รูปที่ 4.8 การสกัดโปรตีนและโครเมียมจากเศษหนังเจียร



รูปที่ 4.9 การผลิตหนังอัดแผ่นจากเศษหนัง

4.2.5 **<u>เศษขยะจากขั้นตอนการสเปรย์หรือลงแลกเกอร์</u>**

เศษขยะส่วนนี้ห้ามนำไปถมที่หรือทิ้งกับกองขยะ เพราะมีสารทำละลาย (solvent) ซึ่งทำให้เกิดมะเร็งได้ และเป็นสารไวไฟด้วย ถ้าจะเผา ก็ต้องเผาที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 600° ซ.

4.2.6 **<u>กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย</u>**

ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานฟอกหนังในขณะนี้ มักจะปล่อยน้ำเสียจากส่วนฟอกโครม (มีโลหะหนักโครเมียม) ออกไปปะปนและรวมกับน้ำเสียจากขั้นตอนอื่นๆ (มีสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่) ดังนั้นเมื่อบำบัดน้ำเสียด้วยระบบทางชีววิทยา และได้เป็นสลัดจ์ (ขี้เลน) ออกมาจากระบบบำบัดแล้ว สลัดจ์นี้ก็จะมีปริมาณมากและมีสารโครเมียมปะปนอยู่ จึงกลายเป็น<u>ของเสียอันตราย</u> เอาไปใช้ถมที่หรือใช้เป็นปุ๋ยไม่ได้

วิธีการที่ดีที่สุด คือต้องแยกสารโครเมียมออกจากน้ำเสีย เพราะถ้าแยกออกได้แล้ว สลัดจ์หรือกากตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย จะมีปริมาณโครเมียมลดลงมาก ทำให้สามารถนำไปถมที่หรือใช้ในการเกษตรได้

ส่วนสารโครเมียมที่แยกมาตกตะกอนแล้ว จะสามารถนำกลับไปใช้ได้อีกดังอธิบายไว้ในหัวข้อ 4.1.5 ค. ดูรายละเอียดการแยกโครเมียม ไม่ให้มาปะปนกับกากของเสียได้ในบทที่ 5

บทที่ 5
การบำบัดน้ำเสียและกำจัดของเสีย

โรงงานฟอกหนังทั่วไปจะระบายน้ำเสียจากส่วนต่างๆ ลงในรางน้ำเสียเดียวกัน แล้วจึงส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะของน้ำเสียในแต่ละกระบวนการผลิตแล้ว จะพบว่ามีความแตกต่างกันมาก ขึ้นกับชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้และถ่ายทิ้งออกมาในแต่ละขั้นตอน ดังรายละเอียดแสดงในบทที่ 3 ดังนั้นถ้ามีมาตรการแยกน้ำเสียจากขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิตออกจากกัน จะสามารถบำบัดน้ำเสียแต่ละส่วนด้วยระบบบำบัดน้ำเสียที่ออกแบบเฉพาะสำหรับน้ำเสียส่วนนั้นๆ อันจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ขั้นตอนสำคัญที่ควรแยกน้ำเสียออกมาบำบัดเบื้องต้น ได้แก่ การกัดขนใน beamhouse และการฟอกโครม

5.1 การบำบัดน้ำเสียซัลไฟด์จากขั้นตอนการกัดขน

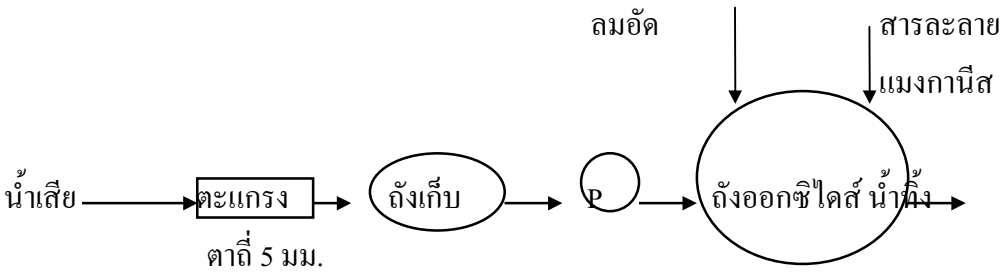
การกัดขนเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษสูงมาก โดยมีน้ำเสีย 9 ลูกบาศก์เมตรต่อตันหนัง และ มีค่าความสกปรกในรูปต่างๆดังนี้

สารมลพิษ	ความเข้มข้น	หน่วย
พีเอช	12-13	-
บีโอดี	13,000-50,000	มก./ล.
ซัลไฟด์	1,200-1,400	มก./ล.

ซัลไฟด์ในน้ำเสียมีปริมาณสูงมาก วิธีการกำจัดซัลไฟด์ที่นิยมใช้กันทั้งในยุโรปและอเมริกา คือ การออกซิไดซ์และการตกตะกอนทางเคมี ดังมีรายละเอียดดังนี้

ก) <u>การออกซิไดซ์ซัลไฟด์โดยใช้เกลือแมงกานีสเป็นตัวเร่ง</u> (Air Oxidation)

เก็บรวบรวมน้ำเสียที่มีซัลไฟด์นี้ในถังเก็บ เติมแมงกานีส (Mn^{2+}) เป็นตัวเร่งและเติมอากาศเข้าในถัง ซัลไฟด์จะถูกออกซิไดซ์หรือเปลี่ยนรูปเป็นไธโอซัลเฟต ซัลไฟต์ หรือซัลเฟต (ซึ่งเฉื่อยกว่าซัลไฟด์) แยกออกมา โดยมีรายละเอียดวิธีการออกแบบและควบคุมดังแสดงในรูปที่ 5.1 และตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการกำจัด "ซัลไฟด์" ด้วยวิธีออกซิเดชั่น

ตารางที่ 5.1 เกณฑ์การออกแบบและควบคุมการออกซิเดชั่นของซัลไฟด์

สัดส่วนของน้ำเสียที่มาบำบัด %	ปริมาณเติม Mn++		เวลาออกซิไดส์	อุปกรณ์เติมอากาศ	
	ชนิด	มก./ล.	แบบแบทช์ (ชม.)	แรงม้า/ 1,000 ฟ^3	กิโลวัตต์/ 1,000 ม^3
100	$MnSO_4$	31	3 - 10	1.5	(40)
40	$MnSO_4$	9.1	4	-	(-)
40	$MnSO_4$	55	7	4.2	(110)
15	$MnSO_4$	91	8	1.8	(47)
25	$MnSO_4$	302	8	1.3	(34)
40	$MnSO_4$	51	8	3.8,5.2	(100,137))
100	$MnCl_2$	0.3	24	1.5	(40)
100	$MnSO_4$	79	960	0.14	(4)
40	$MnSO_4$	-	2 - 3	1.5	(40)

* แบทช์ หมายถึง กระบวนการที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาจนเสร็จ แล้วถ่ายออก แล้วเติมน้ำเข้าถัง และเริ่มเติมสารเคมี ฯลฯ ใหม่ กล่าวคือ ไม่ใช่กระบวนการที่ทำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

โดยสรุป น้ำเสียส่วนนี้มีซัลไฟด์ประมาณ 1,200-1,400 มก./ล. ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยใช้อากาศอัดเข้าไปในอัตรา 1 ม^{3}อากาศ/นาที/ม^{3}ของน้ำเสีย หรือ 20 ม^3/ชม./ม^{2}ของพื้นที่ผิวน้ำ และใช้ความลึกของถังไม่น้อยกว่า 4-6 เมตร รวมทั้งเดินเครื่องปั๊มลมอยู่นาน 6-12 ชม. โดยเติมเกลือแมงกานีสซัลเฟตลงไปเป็นตัวเร่ง ในอัตรา 50 และ 100 กรัม/ม^{3}น้ำเสีย สำหรับเครื่องเติมอากาศแบบตีผิวน้ำ และแบบหัวฟู่เป่าลมลงใต้น้ำ ตามลำดับ

ในถังเก็บ ต้องมีใบกวาดตะกอนข้างล่าง เพื่อกวาดเอาตะกอนไปทิ้งให้หมด และใช้เป็นตัวผสมให้น้ำมีความสม่ำเสมอทั่วถังด้วย

ในขั้นตอนการเติมอากาศ ลมจะไล่ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) และก๊าซแอมโมเนียออกจากถัง จึงเกิดปัญหาเรื่องกลิ่นได้ วิธีที่ถูกต้องคือ ต้องครอบฝาปิดถัง แล้วดูดเอาอากาศเหม็นใต้ฝาครอบออกโดยใช้พัดลมในอัตราดูดลม 1.5 $ม^3$/ชม./$ม^2$ของพื้นที่ผิวน้ำของถังปิดฝานี้ และนำไปกรองต่อด้วยระบบ biofilter

หมายเหตุ: 1) - ถ้าพีเอชต่ำกว่า 8 มีปัญหาเรื่องก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (เหม็น, เป็นพิษถึงตายที่ความเข้มข้น 2,000 ppm)

- ถ้าพีเอชสูงกว่า 10 มีปัญหาเรื่องก๊าซแอมโมเนีย (ระคายทางเดินหายใจ)
- ควรจัดให้พีเอชอยู่ในช่วง 9-10

2) - สามารถผลิตน้ำทิ้งจากระบบมีค่าซัลไฟด์ต่ำกว่า 2 มก./ล. ได้

ข) การออกซิไดซ์ซัลไฟด์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

วิธีการนี้สามารถใช้ออกซิไดซ์ซัลไฟด์ในน้ำเสียได้ดี ใช้เงินลงทุนสำหรับถังปฏิกิริยาและอุปกรณ์เติมสารเคมีน้อย แต่สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ราคาแพง จึงเหมาะสำหรับโรงงานขนาดเล็กที่มีน้ำเสียจากการกำจัดขนน้อย (เช่นมีการถ่ายทิ้งสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง) วิธีการคือ รวบรวมน้ำเสียในถังปฏิกิริยา แล้วปรับค่าพีเอชของน้ำให้ต่ำกว่า 8 แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซัลไฟด์จะถูกออกซิไดซ์เป็นซัลเฟอร์หรือกำมะถัน

แต่ถ้าพีเอชมากกว่า 8 ซัลไฟด์จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นซัลเฟต วิธีนี้ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่าวิธีแรกถึง 3 เท่า จึงต้องปรับพีเอชน้ำเสียให้ต่ำกว่า 8 ก่อนเติมสารเคมี จะดีกว่า

ปริมาณเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ควรประมาณ 200 มก./ล. สำหรับน้ำเสียที่มีซัลไฟด์ประมาณ 100-300 มก./ล.

วิธีนี้สามารถให้น้ำทิ้งมีซัลไฟด์ต่ำถึง 1 มก./ล.

ค) การตกตะกอนทางเคมีด้วยเกลือของเหล็ก

การตกตะกอนซัลไฟด์ด้วยเกลือของเหล็กเป็นวิธีการลดปริมาณซัลไฟด์ที่ได้ผลดี นอกจากกำจัดซัลไฟด์ได้แล้วยังช่วยลดปริมาณสารแขวนลอย และบีโอดีอีกด้วย เกลือของเหล็กนี้อาจซื้อหาได้ในราคาถูกโดยนำมาจากของเสียจากอุตสาหกรรมเหล็ก แต่วิธีการนี้มีข้อเสีย คือ มีกลิ่นเหม็น น้ำทิ้งมีสีดำมาก ต้องใช้สารเคมีปริมาณมาก ราคาค่อนข้างแพง (ถ้าต้องซื้อสารเคมีโดยตรง และไม่ได้ใช้ของเสียจากโรงงานเหล็ก) และมีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นสูง ซึ่งต้องนำไปกำจัดต่ออีกด้วย ค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนนี้สูงมากด้วย เพราะนำไปใช้ในการเกษตรได้ไม่ดี

5.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม

การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม เช่นจากส่วนการฟอกโครม การรีดน้ำจากหนัง wet-bule การฟอกซ้ำ-ย้อมสี จะใช้วิธีทำให้โครเมียมตกตะกอนด้วยสารละลายด่าง (เช่นปูนขาว) แล้วปล่อยน้ำใสออกทิ้ง โดยสามารถใช้ถังรูปแบบเดียวกับการนำกลับโครเมียม (ดูหัวข้อ 4.1.5 ค.) และมีขั้นตอนการทำงานคล้ายกันตั้งแต่ข้อ ก.-ฌ. และดูรูปที่ 5.2 ประกอบด้วย

แต่สารละลายด่างที่ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ MgO เพราะไม่มีวัตถุประสงค์นำโครเมียมกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากมีราคาแพงกว่าปูนขาว หรือด่างตัวอื่นๆ สารเคมีที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโครเมียม ได้แก่ปูนขาว (CaO) โซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2 CO_3$) และ โซดาไฟ (NaOH)

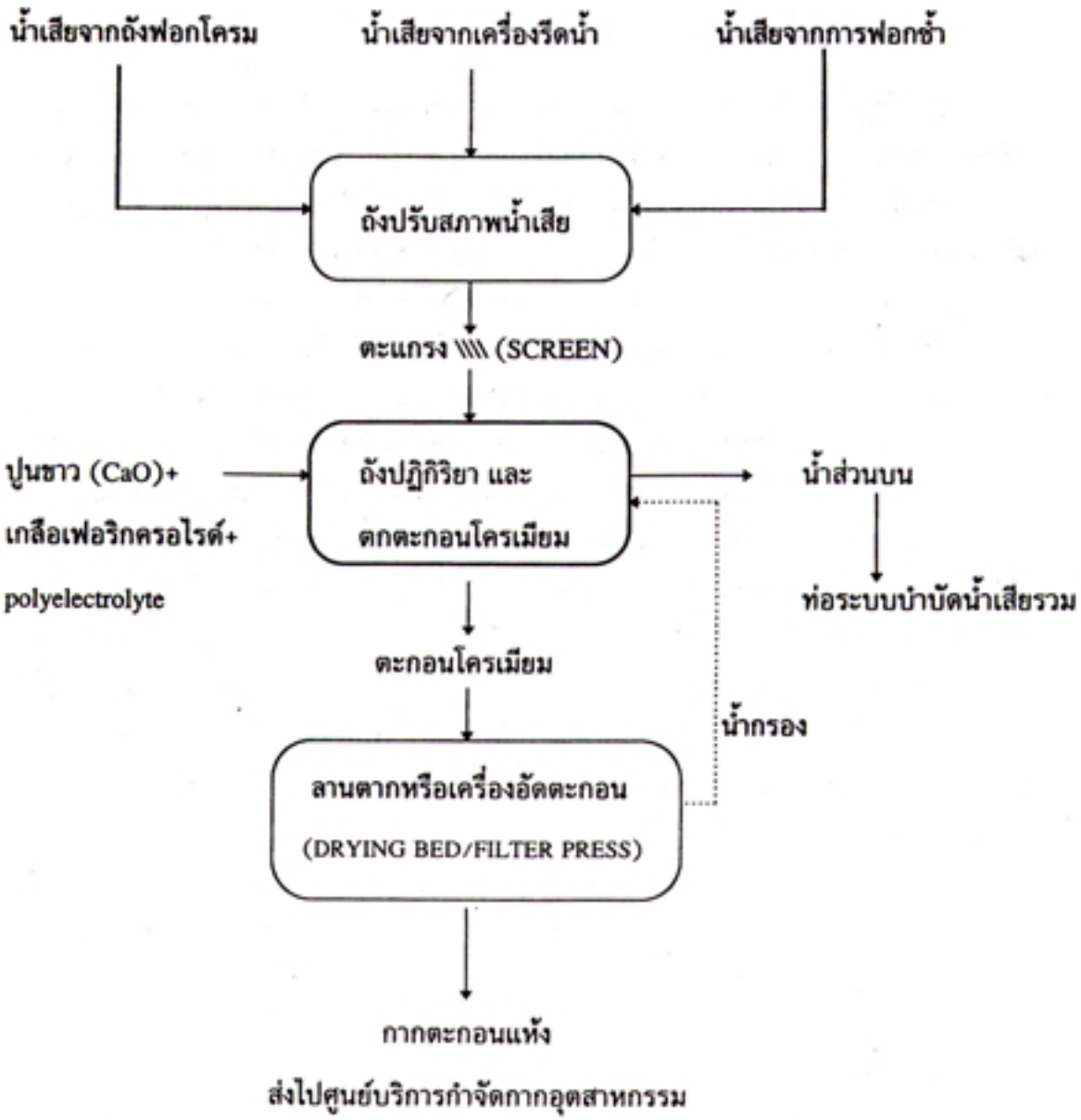
ตัวอย่างการตกตะกอนโครเมียมโดยปรับ pH ของน้ำเสียให้ได้ประมาณ 8.5 โดยใช้สารละลายปูนขาว (5-10%) อาจมีการเติม anionic polyelectrolytes อย่างเดียว หรือเติมเกลือเฟอริกคลอไรด์ ร่วมด้วยจะช่วยให้เกิดตะกอนโครเมียมไฮดรอกไซด์และจมตัวได้เร็วขึ้น โดยจะมีประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมได้มากกว่าร้อยละ 98 ปริมาณเกลือเฟอริกคลอไรด์และสารช่วยรวมตะกอน (polyelectrolyte) ที่ใช้อาจหาได้ด้วยวิธีการทดสอบ Jar test

เมื่อใช้ด่างทำปฏิกิริยาให้โครเมียมตกตะกอนแล้ว ทำการเปิดวาล์วด้านล่างระบายเอาเฉพาะตะกอนออกไปเข้าเครื่องอัดตะกอนหรือส่งไปลานตาก เพื่อให้ได้กากตะกอนแห้งและเป็นการลดปริมาตรเพื่อสะดวกในการโกยใส่ถุง ชั่งน้ำหนักบันทึกไว้และส่งศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรมมารับไปกำจัดต่อ

ในระบบกำจัดโครเมียมโดยตกตะกอนผลึกโครเมียมนี้ไม่ว่าจะเอาโครเมียมกลับมาใช้ใหม่หรือไม่ก็ตาม ก็ยังมีน้ำทิ้งจากส่วนบนของถังตกตะกอน ซึ่งต้องส่งไปบำบัดต่อที่ระบบบำบัดทางชีววิทยาต่อไป (ดูรูป 5.3 และหัวข้อ 5.3)

อนึ่ง เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณตะกอนจากส่วนนี้จะมีน้อยกว่าปริมาณตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียจากส่วนอื่นมาก และเมื่อสามารถแยกมาบำบัดเช่นนี้แล้ว จะทำให้ตะกอนจากระบบบำบัดส่วนอื่น เช่น ตะกอนในท่อส่งน้ำเสียรวม หรือ ในสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียรวม จะมีปริมาณโครเมียมลดลงมาก จนสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยหรือถมที่ได้ กล่าวคือไม่ถือว่าเป็นกากสารพิษอีกต่อไป ค่าใช้จ่ายส่วนที่จะต้องชำระแก่ศูนย์กำจัดกากฯสำหรับดูแลเรื่องนี้เป็นพิเศษจึงสามารถลดลงได้อย่างมาก

ค่าใช้จ่ายที่มีก็เพียงแต่ส่งกากตะกอนจากส่วนบำบัด (ตกตะกอกผลึก) น้ำฟอกโครมนี้ไปบำบัดที่ศูนย์บริการฯ ซึ่งประเมินได้ว่าจะมีกากตะกอนในส่วนนี้เท่ากับ 0.12-0.24 ตัน/ตันหนังดิบ* ส่วนค่าใช้จ่ายทั้งหมดขึ้นอยู่กับระยะทางการขนส่งกากตะกอนนี้ไปที่ศูนย์บริการกำจัดกากฯ (ดูตารางที่ 5.2)



รูปที่ 5.2 ระบบบำบัดน้ำเสียโครเมียมด้วยวิธีการตกตะกอนเคมี

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสลัดจ์หรือกากตะกอน
จากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกหนัง

ค่าบำบัดกากของแข็ง	400 บาท/ตัน
ค่าขนถ่าย (ขึ้น/ลง)	250 บาท/ตัน
ค่าขนส่งจากโรงงานถึงศูนย์ ฯ	2.50 บาท/ตัน-กม.
ค่าขนส่งกากจากศูนย์ฯไปฝังที่ ราชบุร	190 บาท/ตัน
ค่าฝังกาก	450 บาท/ตัน

หมายเหตุ: ราคาปรับใช้เมื่อ 25 ก.ย. 39
สำหรับโรงงานที่อยู่ในเขตสมุทรปราการ ค่าบริการส่วนนี้ทั้งหมดประมาณ 1,500 บาท/ตัน
(ราคานี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาวะการลงทุน)

---

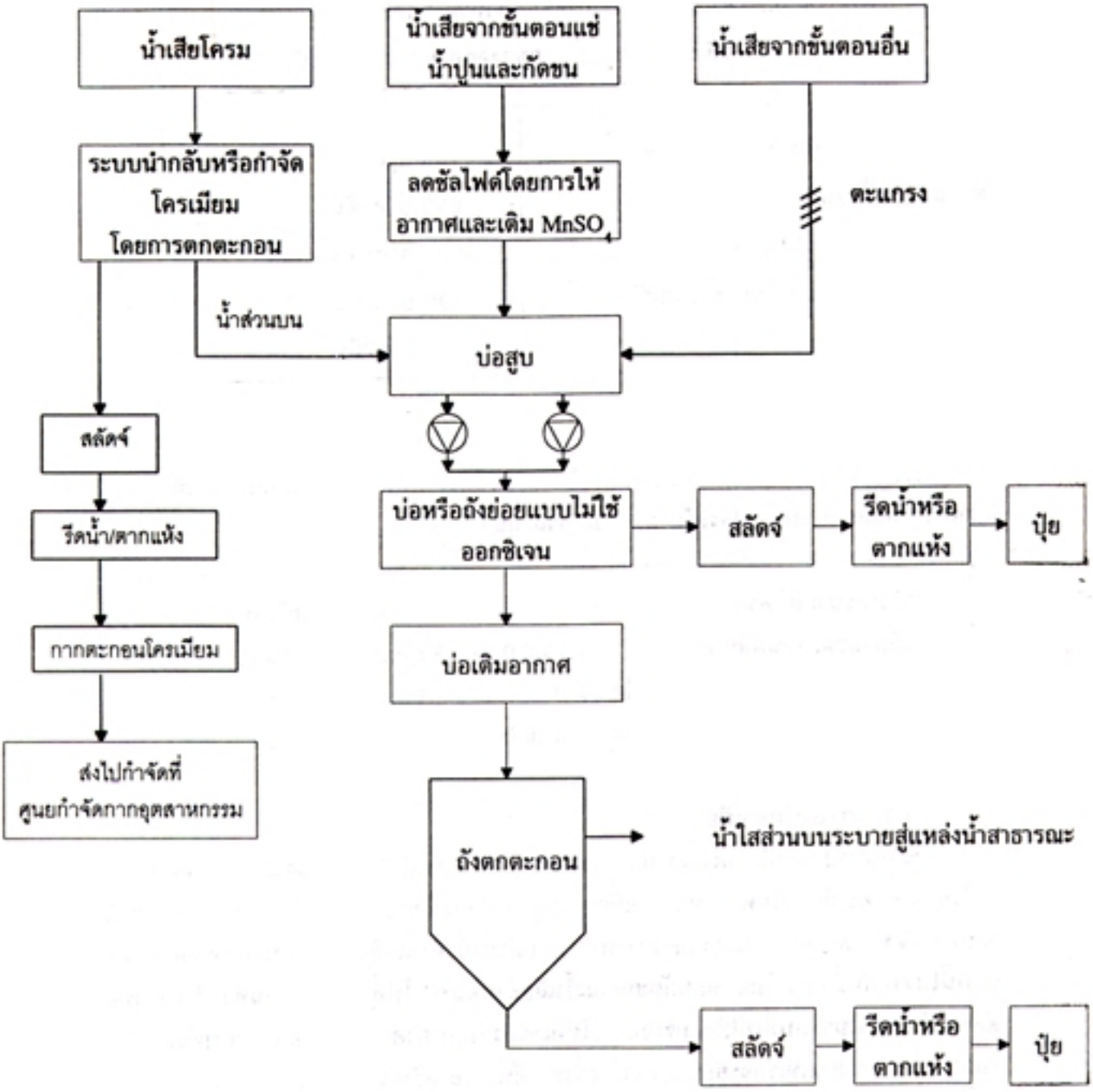
* ปริมาณน้ำเสียโครม ประมาณ 0.5-0.75 ลบ.ม./ตันหนังดิบ
ปริมาตรตะกอนผลึกโครเมียม ประมาณ 0.2-0.3 ลบ.ม./ลบ.ม.น้ำเสีย
หรือ ประมาณ 0.1-0.2 ลบ.ม./ตันหนังดิบ
หรือ ประมาณ 0.12-0.24 ตัน/ตันหนังดิบ

5.3 การบำบัดน้ำเสียรวม

ระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกหนัง ปกติจะเน้นไปที่การลดสารอินทรีย์(บีโอดี) ซัลไฟด์ และโครเมียมเป็นหลักใหญ่ โดยมีกระบวนการบำบัดดังแสดงในรูปที่ 5.3 กล่าวคือ ควรมีระบบกำจัดหรือลดโครเมียมแยกออกต่างหาก แล้วนำน้ำทิ้งที่เหลือจากกระบวนการตกตะกอนผลึกนี้ไปรวมกับน้ำเสียจากขั้นตอนกัดขนและน้ำเสียส่วนอื่นๆ ไปที่บ่อสูบ ก่อนที่จะส่งไปบำบัดต่อทางชีววิทยาในระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน (ไม่มีเครื่องเติมอากาศ จึงไม่เปลืองไฟในขั้นตอนนี้) ในกระบวนการนี้แบกทีเรียจะย่อยของเสียในน้ำทำให้น้ำสะอาดขึ้น แต่ก็ยังไม่สะอาดพอ

จึงต้องส่งไปบำบัด ที่ระบบบำบัดทางชีววิทยาอีกประเภท คือแบบเติมอากาศ วิธีนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในด้านค่าไฟฟ้าสำหรับการเติมอากาศมาก แบกทีเรียอีกประเภท (ชนิดต้องการออกซิเจน) จะย่อยสิ่งสกปรกออกเพิ่มเติมจนน้ำสะอาดพอที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

ข้อมูลจากกลุ่มโรงงานฟอกหนัง กม.30 สมุทรปราการ ปรากฏว่าค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าประมาณ 420,000 บาท/เดือน และเมื่อรวมค่าพนักงาน สารเคมี ฯลฯ จะรวมทั้งสิ้น 900,000 บาท/เดือน ถ้าเทียบเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 3 บาท/ลบ.ม. (ไม่รวมค่าสารเคมี, พนักงาน, การทดสอบน้ำ, การบำรุงรักษา ฯลฯ)



รูปที่ 5.3 ระบบบำบัดน้ำเสียรวมของอุตสาหกรรมฟอกหนัง

5.4 การกำจัดกากของเสียโครเมียม

ก) <u>กากตะกอนโครเมียม</u>

กากของเสียหรือตะกอนแห้งจากระบบกำจัดหรือตกตะกอนโครเมียมนี้ มีโครเมียม เข้มข้นมาก ซึ่งจะมากกว่ามาตรฐานที่ยอมให้เอาไปทิ้งถมที่ หรือใช้ในการเกษตร (ดูตารางที่ 5.3) จึงถือเป็น <u>กากสารพิษ</u> และต้องส่งไปกำจัดที่ศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรม โดยต้องเสียค่าใช้จ่ายดังแสดงในตารางที่ 5.2 ดังกล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 5.3 ปริมาณโครเมียม (III) ในดินและสลัดจ์ที่จะใช้ในงานเกษตรกรรมได้
(แนะนำโดย UNIDO/UNEP)

ความเข้มข้นในดิน, มก./กก.ดินแห้ง	150 -200
ความเข้มข้นในสลัดจ์, มก./กก.สลัดจ์แห้ง	1,000 - 1,500
โลหะทั้งหมดที่เพิ่มลงในพื้นที่เกษตรกรรม	300 - 600 (a) , (c)
ปริมาณที่เติมลงในพื้นที่เกษตรกรรมต่อปี (กก./เฮกเตอร์/ปี)	45 (b) , (c)

หมายเหตุ (a) สำหรับดินที่มีความเข้มข้นเดิม 50 มก./กก. การเพิ่มเติมจะอนุญาตให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 100 - 200 มก./กก. ที่ความลึก 25 ซม. และความหนาแน่นดินเท่ากับ 1.20

(b) อ้างอิงตามปริมาณโลหะที่เพิ่มได้ 450 กก./เฮกเตอร์ ในช่วงเวลา 100 ปี

(c) ค่าที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดต้องไม่เกินมาตรฐานความเข้มข้นในดิน

ข) <u>กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียรวม</u>

ในกรณีที่แยกเอาโครเมียมออกไปกำจัดแยกต่างหากแล้ว ในน้ำเสียมีโครเมียมน้อยลง ซึ่งเมื่อผ่านระบบบำบัดรวมแล้ว สลัดจ์หรือตะกอนที่ได้จะมีโครเมียมเหลือเพียงประมาณไม่เกิน 800 มก./กก.ตะกอนแห้ง (ประสบการณ์จากประเทศเยอรมันนี) ทำให้สามารถเอาไปถมที่, ใช้ในการเกษตร หรือทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยตรง

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากส่วนนี้ จึงมีเพียงค่าขนย้ายไปยังที่ๆจะถมหรือใช้เท่านั้น ซึ่งจะถูกกว่า กรณี ก. อย่างมาก

ค) <u>กากของเสียที่มีโครเมียม</u>

กากของเสียที่มีโครเมียม เช่น เศษหนังตัดเจียร (chrome shavings) ถ้าไม่มีการนำเศษหนังเจียรเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ต่อ จะต้องส่งไปกำจัดโดยวิธีฝังอย่างถูกหลักวิชาการ โดยส่งไปที่ศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม ห้ามใช้วิธีเผาทิ้งเพราะจะมีสารมลพิษ (Cr^{+6}) เกิดขึ้น เป็นการย้ายปัญหาจากของเสียไปสู่อากาศเสีย จึงต้องควบคุมอย่างระมัดระวัง ถ้าจะใช้วิธีการเผาจะต้องมีระบบควบคุมมลภาวะอากาศคือมีทั้งห้องเผากากและห้องเผาควัน อุณหภูมิที่ปล่อยออกจากปล่องไม่ควรต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส มาตรฐานของ UINDO/UNEP เสนอแนะไว้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ค่ามลพิษจากปล่องสำหรับอุตสาหกรรมฟอกหนัง

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น
ปริมาณของแข็ง	830 มก./ลบ.ม.
โลหะหนัก	34 มก./ลบ.ม.
คลอไรด์	5,520 มก./ลบ.ม.
อุณหภูมิก๊าซที่ปล่อยออกจากปล่อง	800 องศาเซลเซียส

บทที่ 6
การติดตามและควบคุมดูแล

ในการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานฟอกหนังจะประสบผลสำเร็จได้ดี ต้องมีทั้งการควบคุมมลพิษในกระบวนการผลิต และการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพควบคู่ไปพร้อมกันไม่ว่าจะเป็นโรงงานฟอกหนังที่อยู่รวมกลุ่ม หรือตั้งอยู่เอกเทศ โดยการใช้แนวทางที่เสนอแนะไว้ในบทที่ 4 และบทที่ 5 ตามที่กล่าวไว้แล้ว นอกจากนี้ฝ่ายผู้ประกอบการควรจะให้ความร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับเจ้าหน้าที่ของรัฐที่กำกับดูแลในการติดตามและควบคุมมลพิษจากขั้นตอนต่างๆ ของการผลิตและระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้อาศัยหลักการร่วมดำเนินการตรวจสอบเพื่อหาทางปรับปรุงและแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ

6.1 การควบคุมกระบวนการผลิต (Process Control)

ผู้ประกอบการควรเอาใจใส่ในเรื่องต่างๆ ต่อไปนี้เป็นพิเศษ คือ

- มีการจัดการสภาพแวดล้อมภายในโรงงานอย่างดี(good house keeping)
- พัฒนากระบวนการผลิต โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดหรือลดมลพิษ
- ปรับปรุงการควบคุมและการตรวจสอบกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อดูแลสภาพเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและลดการรั่วไหลของสารมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม
- มีการแยกรางระบายน้ำเสียจากส่วนต่างๆ ของการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแยกรางระบายน้ำเสียจากส่วนฟอกโครมออกจากส่วนอื่นๆ
- ควรติดตั้งและเดินระบบนำกลับโครเมียม ถ้าเป็นโรงงานฟอกหนังที่ไม่ได้ใช้สารช่วยตรึงโครเมียมหรือเฟอลริเดอร์ม-ซีเอส แต่ถ้ามีการใช้สารช่วยตรึงโครเมียมในการฟอกหนังยังคงต้องติดตั้งระบบกำจัดโครเมียมในน้ำเสีย ไม่ให้มีค่าเกิน 30 มก./ล.
- มีการตรวจวัดปริมาณการใช้น้ำ และสารเคมีต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนการผลิต และจดบันทึกไว้พร้อมกับปริมาณหนังดิบที่เข้าทำการผลิตทุกครั้ง
- ฝึกอบรมคนงานให้มีความรู้และความชำนาญในการปฏิบัติงาน รวมทั้งในเรื่องการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ อย่างปลอดภัย และการดูแลรักษาความสะอาดภายในโรงงาน
- มีการแสดงป้าย ระบุชื่อ และอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ของสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตรวมทั้งมีการจัดวาง จำแนกประเภทอย่างเป็นระเบียบ และสะดวกในการตรวจสอบบัญชีสำหรับการสั่งซื้อและใช้งาน

6.2 การควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (End of Pipe Treatment Control)

การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียว่ามีประสิทธิภาพสามารถบำบัดน้ำทิ้งได้มาตรฐานหรือไม่ จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ การเก็บตัวอย่างน้ำที่ผิด จะทำให้การประเมินผลผิดพลาดได้

การประเมินและติดตามผลจากการบำบัดจะมีความถูกต้องรวดเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

6.2.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างมี 2 วิธีใหญ่ๆ คือ การเก็บแบบไปจ้วงเอามา (grab sample) และการเก็บแบบผสมรวม (composite sample) แบบแรก หรือ <u>แบบจ้วง</u> มีข้อดีคือ ง่ายและสะดวก แต่มีข้อเสียที่ว่าข้อมูลที่ได้อาจไม่เป็นตัวแทนของน้ำนั้นจริง เพราะอาจไปเก็บในช่วงที่น้ำมีคุณภาพดีหรือเลวผิดปกติได้ ส่วนการเก็บ<u>แบบผสมรวม</u> คือการเก็บตัวอย่างน้ำหลายๆ ครั้ง อาจจะทุก 2 ชั่วโมง แล้วนำมาผสมกันก่อนนำไปวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ หาความสกปรกของน้ำต่อไป วิธีนี้ให้ผลแม่นยำกว่า แต่เสียเวลาและแรงงานมากกว่าวิธีแรกมาก

รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งสองวิธีหาอ่านได้จากบทที่ว่าด้วย “หลักการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์” ในหนังสือ “คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย” ซึ่งจัดพิมพ์โดย สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และมีจำหน่ายที่ศูนย์หนังสือตามมหาวิทยาลัยต่างๆ

สำหรับโรงงานฟอกหนังในประเทศ ควรเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมกับตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดังนี้

ก. <u>การกำจัดซัลไฟด์</u>

น้ำเสีย: เก็บแบบจ้วงจากถังเก็บทุกครั้งก่อนการเติมอากาศหรือสารเคมี

น้ำทิ้ง: เก็บแบบจ้วงจากถังเก็บทุกครั้งหลังบำบัดเสร็จ

ข. <u>การตกตะกอนโครเมียม</u>

น้ำเสีย: เก็บแบบจ้วงจากถังปฏิกิริยาก่อนเติมสารเคมี

น้ำทิ้ง: เก็บแบบจ้วงจากถังปฏิกิริยาหลังจากตกตะกอนแล้ว 1 ชม.

ค. <u>การนำกลับโครเมียม</u>

น้ำเสีย: เช่นเดียวกับ ข้อ ข.

สารละลายโครเมียม: เก็บแบบจ้วงหลังจากละลายด้วยกรดเสร็จแล้ว

ง. <u>ระบบบำบัดน้ำเสียรวม/ส่วนกลางของกลุ่มโรงฟอก</u>

น้ำเสีย: เก็บแบบผสมรวม สัปดาห์ละครั้ง

น้ำทิ้ง: เก็บแบบผสมรวม สัปดาห์ละครั้ง

จ. <u>ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานแยกเดี่ยวหรือเป็นเอกเทศ</u>

น้ำเสีย: เก็บแบบจ้วง เดือนละครั้ง

น้ำทิ้ง: เก็บแบบจ้วง เดือนละครั้ง

ฉ. <u>สลัดจ์หรือกากตะกอน</u>

- ตะกอนในท่อส่งน้ำเสีย เก็บตัวอย่างทุกครั้งที่ทำการขุดลอกท่อ
  วิเคราะห์หาโครเมียม์ทุกครั้งที่ส่งตะกอนให้ศูนยบริการกำจัดกาก
  อุตสาหกรรมไปกำจัดต่อ
- สลัดจ์หรือตะกอนแห้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

กรณีไม่มีการบำบัดโครเมียมเบื้องต้น:

ให้รวบรวมสลัดจ์หรือตะกอนแห้งส่งไปกำจัดที่ศูนย์บริการกำจัดกากฯ
และให้วิเคราะห์หาโครเมียมในตะกอนทุกครั้งที่ส่งไปกำจัด

กรณีมีการแยก/บำบัดโครเมียมเบื้องต้น:

ควรเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์หาโครเมียมทุกสัปดาห์ สำหรับกรณีระบบบำบัดน้ำเสีย
ส่วนกลางของกลุ่มโรงงาน
และทุกเดือนสำหรับกรณีระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเอกเทศ

6.2.2 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำเมื่อเก็บมาแล้วต้องเร่งส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาความสกปรกทันที มิฉะนั้นค่าที่ได้จะคลาดเคลื่อนและไม่ถูกต้อง

ส่วนวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำนั้น ควรใช้วิธีมาตรฐานตามที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น

1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater จัดพิมพ์โดย American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation
2. คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ซึ่งจัดพิมพ์โดย สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
3. มาตรฐานการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ขององค์กรมาตรฐานนานาชาติ อันได้แก่ ISO 5185, (ว่าด้วย บีโอดี), ISO 9174 (ว่าด้วย โครเมียมทั้งหมด), ISO 10523 (ว่าด้วย พีเอช), ISO 10530 (ว่าด้วย ซัลไฟด์ละลาย)

กรณีอุตสาหกรรมฟอกหนังในประเทศ หากเป็นกลุ่มโรงงานขนาดใหญ่อยู่รวมกัน ก็ควรมีอุปกรณ์และเจ้าหน้าที่วิเคราะห์เป็นของตัวเอง สำหรับหาค่าพีเอช ทีดีเอส ซัลไฟด์ เอสเอส บีโอดี และซีโอดี ยกเว้นการวิเคราะห์หาค่าละเอียดเป็นพิเศษ ได้แก่ ค่าโครเมียม ควรส่งห้องปฏิบัติการที่เชื่อถือได้ เช่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล หรือ ดูจากบัญชีรายชื่อห้องปฏิบัติการที่ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ส่วนสำหรับโรงงานเอกเทศหรือที่อยู่แยกเดี่ยว ควรวิเคราะห์เฉพาะค่าที่ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือราคาแพง และยุ่งยาก จึงควรมีอุปกรณ์บางชิ้นเพียงให้สามารถวิเคราะห์หาค่าพีเอช ทีดีเอส ซัลไฟด์ และโครเมียม (แบบสนาม) ได้ก็เป็นการเพียงพอ

วิธีการมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงงานฟอกหนัง มีดังนี้

พีเอช	ใช้เครื่องวัดพีเอช
ทีดีเอส	ใช้เครื่องวัดความนำไฟฟ้า และแปรผัน เป็นค่าทีดีเอสได้คร่าวๆ
ซัลไฟด์	ใช้วิธีเทียบสี หรือ ไทเทรต
เอสเอส	ใช้วิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว และใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
บีโอดี	ใช้วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชั่น
ซีโอดี	ใช้วิธีย่อยสลายโดยโปตัสเซียมไดโครเมต
โครเมียม	- กรณีวัดอย่างหยาบในภาคสนาม ดูภาคผนวก ง. - กรณีวัดคุณภาพน้ำทิ้งว่าได้มาตรฐานหรือไม่ ให้ใช้วิธี AAS หรือ Atomic Absorption Spectrophotometry ซึ่งใช้อุปกรณ์ราคาแพงมาก ควรใช้วิธีส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการที่เชื่อถือได้ จะประหยัดค่าใช้จ่าย และได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากกว่าจะวิเคราะห์เอง
ทีเคเอ็น	ให้ใช้วิธี Kjeldahl

6.2.3 การจดบันทึกผล

การจดบันทึกผลอาจใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการจดบันทึกและการรายงานผลการควบคุมระบบซึ่งควรแบ่งการจดบันทึกผลการเดินระบบบำบัดน้ำเสียเป็น 3 ประเภทดังนี้

ก. ปูมประจำวัน (Operation Daily Journal) เป็นการจดบันทึกที่ละเอียดกว่าบันทึกอื่นๆ ผู้ควบคุมอาจบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นทุก 1 หรือ 2 ชม. ก็ได้ สิ่งที่ควรจดบันทึกได้แก่

-พลังงานที่ใช้ไป

-สารเคมีที่ใช้ไป

-ผลการบำบัดน้ำเสีย

-สภาวะใช้งานของหน่วยบำบัดและอุปกรณ์สำคัญต่างๆ

ข. รายงานบำบัดน้ำเสียประจำวัน (Operation Daily Report) เมื่อนำข้อมูลจากปูมประจำวันมารวบรวมสรุป เป็นข้อมูลเฉลี่ยของแต่ละวัน

ค. รายงานบำบัดน้ำเสียประจำเดือน (Operation Monthly Report) รายงานการบำบัดน้ำเสียประจำเดือนเป็นเอกสารที่ต้องยื่นต่อเจ้าพนักงานผู้รับผิดชอบ การรายงานผลการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ควรประกอบด้วย

-รายงานข้อมูลทั่วไป

-รายงานผลการบำบัดโครเมียม

-รายงานผลการเดินระบบบำบัดรวม (ชีววิทยา)

-รายงานการบำบัดตะกอนสลัดจ์

การรายงานทั้ง 4 ส่วน อาจเป็นแบบฟอร์มตารางแยกจากกันเป็นส่วนๆ หรืออาจนำมารวมกันเป็นตารางเดียวก็ได้

พารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการควบคุมดูแลระบบ (Monitoring Check-list)ได้แสดงไว้ดังตัวอย่างตามตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการตรวจติดตามควบคุมดูแลระบบ (Monitoring Check-list)

ขั้นตอน	พารามิเตอร์	หน่วย
การบำบัดน้ำเสียจากส่วนของการฟอกโครม	-ปริมาณน้ำทิ้ง/อัตราไหล	ลบ.ม./วัน
	-ปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้ง	มก./ล.
	-ปริมาณสารเคมีที่ใช้ เช่น	กก./วัน
	-แมกนีเซียมออกไซด์ (สำหรับนำกลับโครเมียม) หรือปูนขาว(สำหรับกำจัดโครเมียม)	
	-เฟอริกคลอไรด์	
	-Polyelectrolyte (PE)	
	-ปริมาณโครเมียมในน้ำส่วนบนหลังจากตกตะกอนด้วยด่าง	มก./ล.
	-ปริมาณกากตะกอน	กก./วัน
	-ค่าโครเมียมในกากตะกอน	ก./กก. น้ำหนักแห้งของตะกอน
การบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียรวม		
ถังปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization tank)	-ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ	ลบ.ม./วัน
	-ค่าบีโอดี (BOD)	มก./ล.
	-ปริมาณสารแขวนลอย (SS)	มก./ล.
	-ปริมาณโครเมียม (Cr)	มก./ล.
	-ปริมาณซัลไฟด์ (H_2S)	มก./ล.
	-ค่าพีเอช (pH)	
	-ปริมาณตะกอนที่ขุดลอกจากก้นบ่อ	ลบ.ม./เดือน
	-ปริมาณโครเมียมในตะกอน	ก./กก.น้ำหนักแห้งของตะกอน
	-วิธีการกำจัดตะกอนส่วนนี้	-
ถังเติมอากาศ (Aeration tank)	-อัตราการไหลของน้ำเสีย	ลบ.ม./ชม.
	-MLVSS หรือ MLSS	ก./ลบ.ม.
	-ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	มก./ล.
	-ดัชนีการจมตัวของตะกอน (SVI)	มล./ก.
	-การใช้พลังงาน	กิโลวัตต์/วัน

ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย (Final clarifier tank)	-อัตราการหมุนเวียนตะกอน -คุณภาพของน้ำทิ้ง -ค่าบีโอดี (BOD) -ค่าโครเมียม (Cr) -ค่าซีโอดี (COD) -ค่าทีเคเอ็น (TKN) -น้ำมันและไขมัน (O/G) -สารแขวนลอย (SS)	ลบ.ม./ชม. มก./ล. มก./ล. มก./ล. มก./ล. มก./ล. มก./ล.
ตะกอนส่วนเกิน (excess sludge)	-ปริมาณ -น้ำหนักตะกอนแห้ง -ค่าโครเมียมในตะกอน	ลบ.ม./วัน ก./กก. ก./กก.

6.3 การติดตามและควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐ

เจ้าหน้าที่ของรัฐที่ควบคุมกำกับดูแลโรงงานฟอกหนังควรจะมีความรู้และเข้าใจกระบวนการผลิตพอสมควรเพื่อใช้ดำเนินการตรวจสอบและแนะนำให้โรงงานมีการปฏิบัติตาม แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมตามคู่มือนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการลดมลพิษน้ำเสียและการดูแลระบบบำบัดฯ

ในการติดตามและควบคุมกำกับดูแลควรจะให้ความสำคัญในเรื่องดังนี้

- สภาพการทำงานโดยทั่วไปของโรงงาน ควรมีการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ
- ตรวจสอบวิธีการควบคุมการผลิตหรือการหาทางลดปัญหามลพิษจากขั้นตอนการผลิต รวมทั้งมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากของเสียหรือนำไปกำจัดต่ออย่างไร
- ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย
- พิจารณารายงานผลการวิเคราะห์และการเก็บตัวอย่างจากรายงานประจำเดือนของโรงงาน
- การตรวจโรงงานควรจะดำเนินการ 4-5 ครั้งต่อปี ขึ้นกับความน่าเชื่อถือในการดำเนินการของโรงงานเป็นหลัก

บทที่ 7
มาตรฐานสำหรับการกำกับดูแลโรงงานฟอกหนัง

7.1 <u>มาตรฐานเดิม</u> (พ.ศ. 2525)

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2525) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน (พ.ศ. 2512) กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานทุกประเภทไว้ดังนี้

พีเอช	ระหว่าง	5.5-9.0		
ซัลไฟด์	ไม่เกิน	1	มก./ล.	
โครเมียม	ไม่เกิน	0.5	มก./ล.	
เอสเอส	ไม่เกิน	30	มก./ล.	(ค่าที่ใช้กันตามปกติ)
บีโอดี	ไม่เกิน	20	มก./ล.	

7.2 <u>มาตรฐานเสนอแนะสำหรับโรงงานฟอกหนัง</u>

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษกำลังทวีความรุนแรงมากขึ้น รัฐบาลของประเทศทั่วโลกจึงพยายามจัดให้มีมาตรการที่รัดกุมมากยิ่งขึ้น มีการปรับปรุงมาตรฐานน้ำทิ้งอยู่ตลอดเวลา ในที่นี้เห็นควรที่จะกำหนดมาตรฐานเฉพาะสำหรับการกำกับดูแลอุตสาหกรรมฟอกหนังในประเทศ ดังนี้

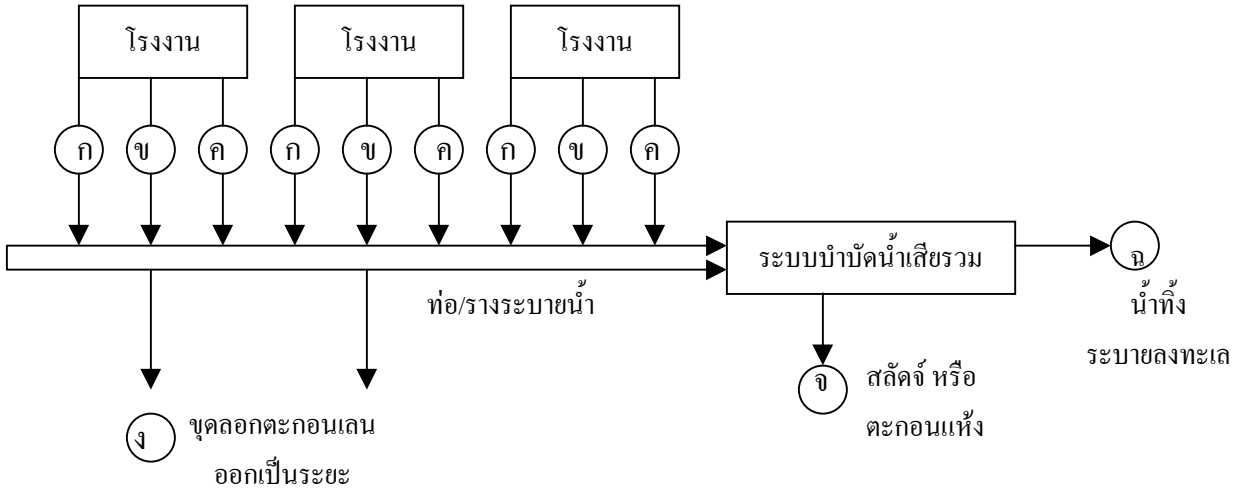
7.2.1 <u>กรณีโรงงานตั้งอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม</u>

โรงงานฟอกหนังในประเทศส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เช่น กลุ่ม กม. 30 และกลุ่ม กม. 34 จังหวัดสมุทรปราการ ใช้แนวคิดการบำบัดน้ำเสียร่วมกันเป็นแบบระบบบำบัดน้ำเสียรวม/ส่วนกลาง ดังแสดงในรูปที่ 7.1

น้ำเสียจากส่วน beamhouse (จุด ก.) มีซัลไฟด์ซึ่งเป็นพิษและมีปัญหาเรื่องกลิ่น จึงต้องทำการกำจัดแยกออกต่างหาก ณ จุดกำเนิดใน beamhouse

ส่วนน้ำเสียโครเมียมจากการฟอกหนัง (จุด ข.) จากแต่ละโรงงาน ถ้าไม่มีการกำจัดโครเมียมในขั้นต้นก่อนจมีส่วนทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียรวมมีปัญหาด้านโลหะหนักโครเมียม ทั้งในรูปของน้ำทิ้งและสลัดจ์หรือตะกอน

สำหรับน้ำเสียจากส่วนอื่นๆ (จุด ค.) ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ จึงส่งเข้าระบบบำบัดรวมได้เป็นปกติ



หมายเหตุ
ก คือน้ำเสียซัลไฟด์จาก beamhouse
ข คือน้ำเสียโครเมียม
ค คือน้ำเสียส่วนอื่นๆ

รูปที่ 7.1 การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง และตำแหน่งน้ำทิ้งและของเสียออกจากระบบ

ในกรณีเช่นนี้ จึงควรมีมาตรฐานควบคุมแยก 3 ตำแหน่ง ซึ่งขอเสนอแนะไว้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7.1 มาตรฐานสำหรับ กรณีใช้ระบบบำบัดน้ำเสียรวม/ส่วนกลาง

(เกณฑ์กำหนดมาตรฐานดูภาคผนวก จ.)

ค่ากำหนด	ส่วน beamhouse	ส่วนฟอกโครม	ระบบบำบัดรวม
พีเอช	-	-	5.5 – 9.0
ซัลไฟด์	2	-	1 มก./ล.
โครเมียม Cr-III Cr-VI	-	30	- 0.75 มก./ล. 0.25 มก./ล.
เอสเอส	-	-	50 มก./ล.
บีโอดี	-	-	20 มก./ล.
ซีโอดี	-	-	120 มก./ล.

7.2.2 <u>กรณีโรงงานแยกเดี่ยวหรือตั้งอยู่เป็นเอกเทศไม่ได้ใช้ระบบบำบัดรวม</u>

มาตรฐานน้ำทิ้ง ณ จุดปล่อยออกนอกโรงงาน ควรเป็นเช่นเดียวกับมาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากระบบบำบัดน้ำเสียรวม (ดูขวามือสุด ในตารางที่ 7.1) แต่ยกเว้นค่า BOD และ COD ได้รับการผ่อนผันให้ไม่เกิน 60 มก./ล. และ 400 มก./ล. ตามลำดับ

7.2.3 <u>การกำหนดค่าโครเมียมในกากตะกอน</u>

หากไม่มีการตกตะกอนโครเมียมออกจากน้ำเสียจากถังฟอก กากของเสีย และตะกอน (ขี้เลน) จากรางระบายน้ำเสีย (จุด ง.) และจากระบบบำบัดน้ำเสีย (จุด จ.) ทั้งจากระบบบำบัดแบบรวม หรือสำหรับโรงงานแยกเดี่ยว จะมีโครเมียมสูงมาก จากการเก็บตัวอย่างจากตะกอนตามจุดต่างๆ พบว่ามีโครเมียมที่จุด ง. สูงถึง 8,000 – 15,000 มก./กก.น้ำหนักตะกอนแห้ง และในตะกอนแห้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมมีโครเมียมสูงถึง 10,000 – 17,000 มก./กก.น้ำหนักตะกอนแห้ง

วิธีการที่ดี คือ ต้องมีการกำจัดโครเมียมออกจากน้ำเสียก่อน สลัดจ์หรือตะกอน ณ จุด ง. และ จ. จึงจะมีโครเมียมลดลง ซึ่งจะทำให้ควบคุมหรือจัดการกับปัญหานี้ได้ การกำหนดมาตรฐานโครเมียมในสลัดจ์ หรือกากตะกอนแห้งเหล่านี้ หากใช้ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ (best practical technology) ควรกำหนดว่า

โครเมียมในกากตะกอนจากโรงงานฟอกหนัง ต้องมีค่าไม่เกิน 1,000 มก./กก.น้ำหนักตะกอนแห้ง

กากตะกอนเหล่านี้จึงถือว่าไม่เป็นสารอันตราย และนำไปถมที่ หรือใช้ในการเกษตรได้ สลัดจ์หรือกากตะกอนจากระบบกำจัดหรือตกตะกอนโครเมียม ซึ่งมีโครเมียมเข้มข้นมาก หากไม่ละลายแล้วนำกลับไปใช้ใหม่อีก ให้นำส่งศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรมดำเนินการฝังกลบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป

หนังสืออ่านประกอบ

ภาษาไทย

1. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ 2535. การสำรวจน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกหนัง, กรุงเทพ, รายงานการศึกษาเสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, ในโครงการการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียอุตสาหกรรม
2. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ 2536. การศึกษาการคุ้มทุนของการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียฟอกหนังด้วยโรงทดลองนำร่อง, กรุงเทพ, รายงานการศึกษาเสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, ในโครงการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกหนัง

ภาษาอังกฤษ

1. 'Clean Technology and Environmental Auditing',World Leather, Shoe Trade Publishing UK Ltd., 1991.
2. Kumar , M., 'Potential of Converting tannery Solid Wastes into Glue and other Utilizable By-Products', Seminar on the Profitability of Clean Technology in the Leather Tanning Industries, 20-21 October 1992, Samutprakarn, Thailand.
3. Meyhoefer, B., 'Treatment of Wastewater in the Leather Tanning Industries',Seminar on the Profitability of Clean Technology in the Leather Tanning Industries, 20-21 October 1992, Samutprakarn, Thailand.
4. 'Reducing the Oxygen Demand: An Overview of Hair Saving Technique', World Leather, Tanning and Environment, August 1993.
5. Skrypski – Mantele and Bridle, T.R., 'Environmentally Sound Disposal of Tannery Sludge', Water Res., Vol. 29, No. 4, pp 1033 – 1039, 1995.
6. 'Tannery Waste Minimization: An Overview of Some Process to Minimize Tannery Waste', World Leather., Shoe Trade Publishing, April / May 1992.
7. The British Leather Confederation 1992, 'Minimizing Tannery Waste', World Leather, Shoe Trade Publishing, April / May 1992.
8. Toward Greener Tannages: An Overview of Substitution of Chrome Tannage, World Leather, Shoe Trade Publishing UK Ltd., 1991.
9. Ullrich, W., Activity Report Environmental Management Guideline for Tanneries, Stuttgart, 39 pp., April 1994.
10. Zhuang, Y., 'Profitability of Protein Recovery from Leather Shavings with High Level Chromium Content', Seminer on the Profitability of Clean Technology in the Leather Tanning Industries, 20 – 21 October 1992, Samutprakarn, Thailand.

ภาคผนวก ก.
การนำกากของเสียจากอุตสาหกรรมฟอกหนังมาใช้ประโยชน์

กากของเสียที่เป็นของแข็ง ได้แก่ กากหรือเศษหนังสัตว์ชิ้นเล็กๆ กีบ เขา เศษกระดูก เศษ shavings และ splittings รวมทั้งสลัดจ์และกากตะกอนแห้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

หนังดิบที่นำมาผ่านกระบวนการต่างๆในโรงฟอกหนังแล้วจะได้ผลผลิตและผลพลอยได้หลายชนิด ในต่างประเทศได้มีการนำกากหนังสัตว์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ส่วนในประเทศไทยได้มีการนำกากหนังสัตว์จากบางกระบวนการผลิตมาทำประโยชน์เช่นกัน เช่น เศษหนังตัดและพังผืดที่มีปูนขาว หนังส่วนล่างที่มีปูนขาว จะถูกนำไปทำเป็นอาหารสัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์ของแทะเล่นสำหรับสุนัข (ด๊อกชิว , dog chew) เจลาติน และกาว ตามลำดับ

กากหนังสัตว์เหล่านี้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

ก) เศษหนังและพังผืดที่มีปูนขาว

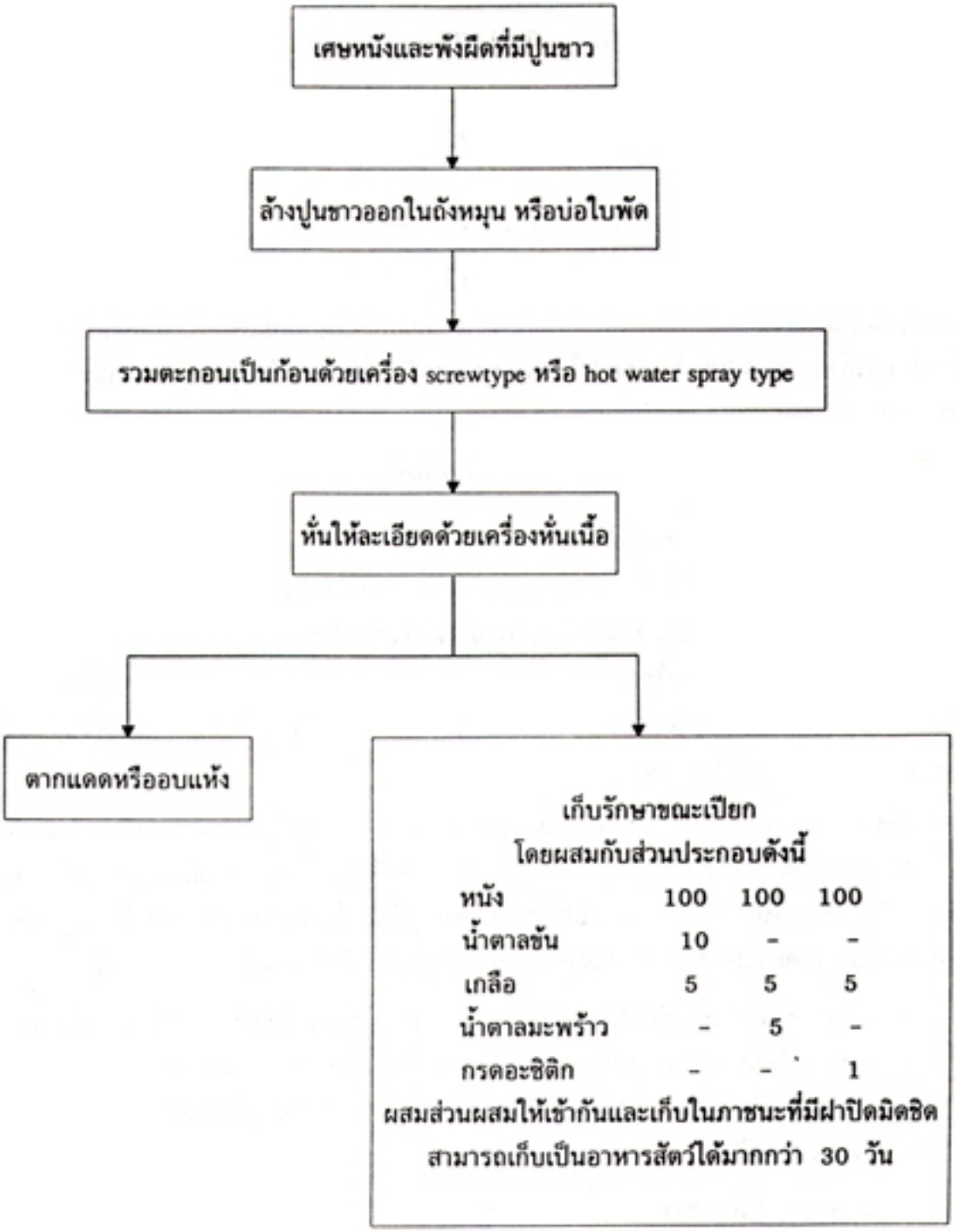
เศษหนัง เศษหู พังผืดซึ่งตัดออกจากหนังดิบบางส่วนจะถูกขายเพื่อนำไปทำเจลาติน (เอาไปทำเป็น วุ้นเยลลี่ หรือแคปซูลยา ซึ่งนับว่าเป็นการนำของเสียไปใช้ประโยชน์ที่ดีมาก) บางส่วนจะนำไปตากแห้งเพื่อขายทำปุ๋ย บางโรงงานจะขายเศษหนังและพังผืดให้เจ้าของบ่อกุ้ง, ปลา เพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์น้ำโดยตรง (โยนให้ปลากิน) โดยต้องทำการต้มเพื่อไล่เอาซัลไฟด์ที่เป็นพิษต่อปลาออกเสียก่อน ในราคาคันรถละ 200 บาท

อนึ่งเศษหนังและพังผืดดังกล่าวยังมีปูนขาวและซัลไฟด์อยู่ ถ้านำมาผ่านกระบวนการผลิตที่เหมาะสมจะสามารถผลิตอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพและราคาแพงขึ้นได้ ขั้นตอนการผลิตอาหารจากเศษหนังและพังผืดแสดงในรูปที่ ก.1 ส่วนเศษกีบเท้า เศษหนังพังผืดที่นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ จะถูกขายไปในราคากิโลกรัมละ 0.50 บาทนำไปบดอัดขึ้นรูปเป็นของแทะเล่นสำหรับสุนัข ดังรูปที่ ก.2

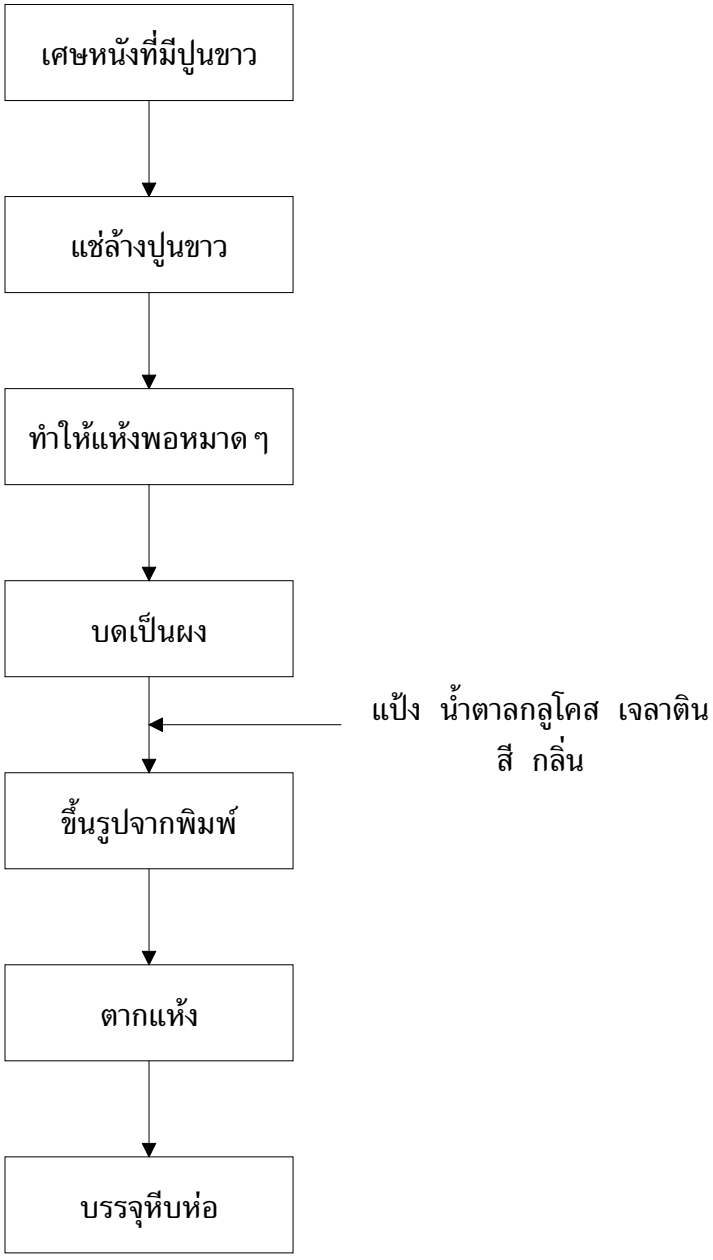
เศษหนังที่มีคุณภาพไม่ดีเช่นเป็นเศษชิ้นเล็กๆ ความหนาไม่คงที่ ไม่สามารถนำไปม้วนเป็นของแทะเล่นสำหรับสุนัขได้โดยตรง จะขายได้ในราคาประมาณกิโลกรัมละ 20 - 25 บาท เพื่อนำไปผลิตเป็นกาวเจลาติน เปลือกไส้กรอก หรือนำไปทำผลิตภัณฑ์ของแทะเล่นสำหรับสุนัขโดยเอาไปขึ้นรูปจากพิมพ์ดังแสดงในรูปที่ ก.2

ข) หนังส่วนล่างที่มีปูนขาว

โรงงานส่วนใหญ่จะนำหนังส่วนล่างคุณภาพดี (หนาสม่ำเสมอ ผืนใหญ่พอควร) ที่มีปูนขาวนี้ไปล้างปูนและตากแห้ง เพื่อขายในราคากิโลกรัมละประมาณ 30 - 40 บาท หนังส่วนล่างนี้จะถูกนำไปผลิตกาวและเจลาติน รวมทั้งม้วนเป็นรูปต่างๆ เป็นผลิตภัณฑ์ของแทะเล่นสำหรับสัตว์ต่อไป



รูปที่ ก.1 ขั้นตอนการผลิตอาหารปลาจากเศษหนัง



รูปที่ ก.2 การผลิตของแทะเล่นสำหรับสุนัขจากเศษหนังคุณภาพไม่ดี

ภาคผนวก ข.
แนวทางการใช้ประโยชน์จากหนังตัดเจียรที่มีโครเมียม

เศษหนังจากการตัดเจียร(chrome shavings) จัดเป็นกากของเสียที่เป็นอันตราย เนื่องจากมีโครเมียมอยู่สูงถึง 1-8% ของน้ำหนักแห้ง เศษหนังตัดเจียรเหล่านี้ไม่ควรนำไปฝังหรือใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง เพราะอาจทำให้โครเมียมถูกชะล้างลงสู่น้ำผิวดิน และมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ได้มีการศึกษาการนำโครเมียมและโปรตีนจากเศษหนังตัดเจียรกลับมาใช้ใหม่ในต่างประเทศโดยวิธีต่างๆ (Zhuang,Y.*,1992) โครเมียมที่ได้จะถูกนำกลับไปใช้ในกระบวนการฟอกหนัง โปรตีนที่ได้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกาว เจลาตินหรืออาหารสัตว์ ส่วนกากของเหลือจากการแยกโปรตีนและโครเมียมแล้วยังสามารถนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์สำหรับพืชที่กินไม่ได้ การวิจัยเรื่องนี้ในประเทศไทยดำเนินการโดยสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้คือ โปรตีนและโครเมียม ที่มีในหนังตัดเจียร ซึ่งหนังตัดเจียรมี 2 ชนิดคือ เป็นแบบละเอียดและแบบแถบยาว ส่วนความชื้นของเศษหนังจะมีความแตกต่างกันมากระหว่าง 2 - 50% วิธีการนำกลับโปรตีนและโครเมียม แสดงในรูปที่ ข.1 โดยนำเศษหนังตัดเจียรที่มีโครเมียมอยู่มาต้มในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีการกวนตลอดเวลา โปรตีนส่วนใหญ่จะถูกย่อยละลายในสารละลายด่าง ส่วนโครเมียมยังอยู่ในตะกอน นำสารละลายไปกรองด้วยระบบสูญญากาศ สารละลายที่กรองได้จะถูกทำให้เป็นกลางด้วยกรดซัลฟุริก แล้วสามารถใช้ผลิตกาวหรือส่วนผสมอาหารสัตว์ทันทีหรือหลังจากระเหยน้ำออก ตะกอนที่กรองได้จะถูกนำมาเติมกรดซัลฟุริก แล้วตกตะกอนด้วยโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่งจะได้สารโครเมียมซัลเฟตซึ่งสามารถนำมาเตรียมน้ำยาฟอกหนังได้ ส่วนกากที่เหลือจากการย่อยโปรตีนและสกัดโครเมียมแล้วยังมีโปรตีนอยู่บ้างและมีโครเมียมอยู่ สามารถขายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจนได้

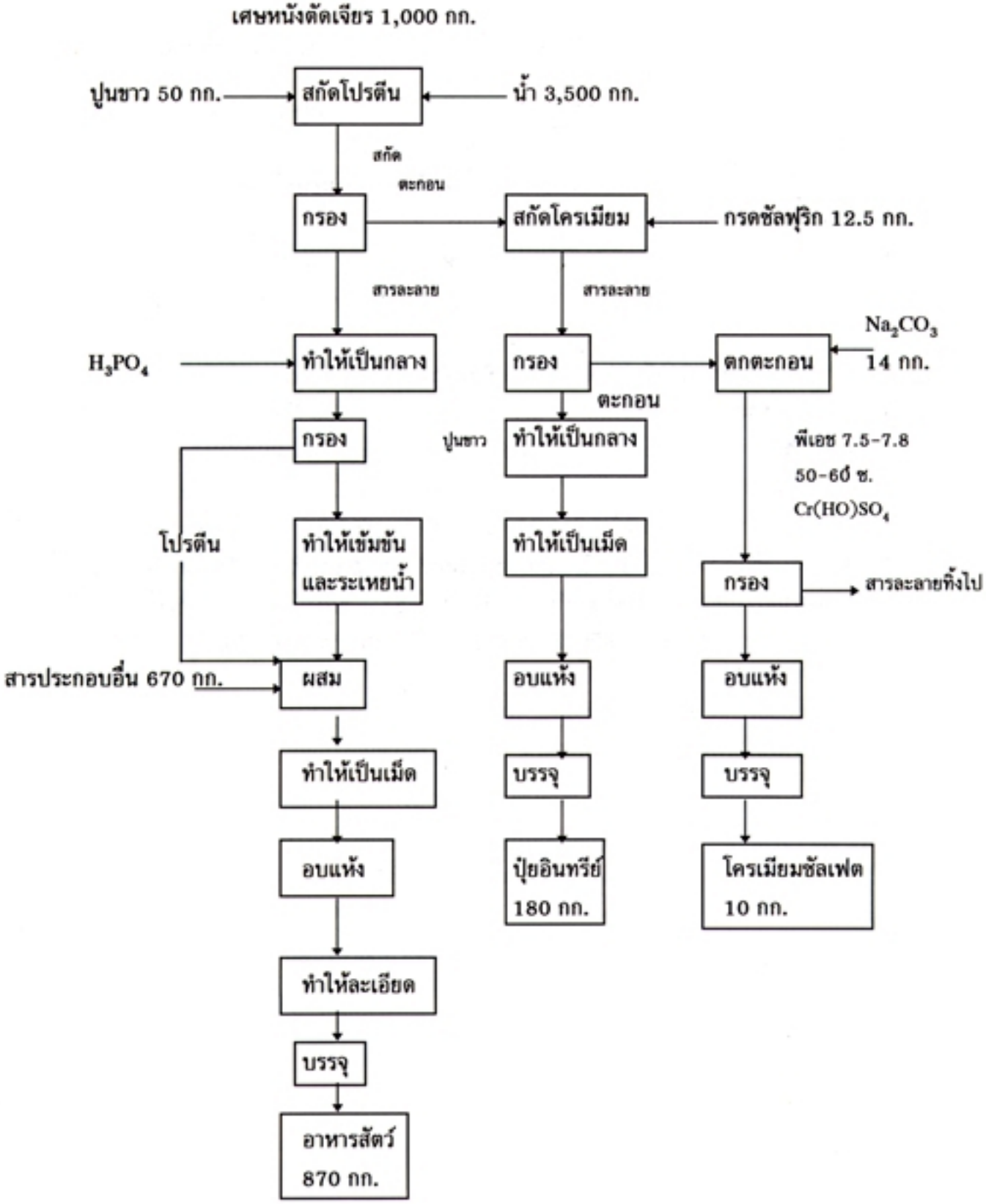
จากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการสรุปได้ว่า ถ้าใช้เศษหนังตัดเจียรซึ่งมีโปรตีนอยู่ประมาณ 4-5 กรัม มาย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 100^{0}ซ เป็นเวลา 2.5 ชม.
จะได้โปรตีนประมาณร้อยละ 60 - 70 ขึ้นกับปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ตั้งแต่ 0.6- 1.6 กรัม และถ้าเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มเป็น 1.6 กรัมต่อเศษหนังตัดเจียร 10 กรัม พบว่าได้โปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 85% แต่ก็มีปริมาณโครเมียมในโปรตีนเพิ่มขึ้นด้วย ภาวะที่เหมาะสมสูงสุดในกระบวนการนำโปรตีนและโครเมียมกลับมาใช้ คือ

---

* ที่มา: Zhuang, Y., 'Profitability of Protein Recovery from Leather Shavings with High Level Chromium Content', Seminar on the Profitability of Clean Technology in the Leather Tanning Industries., 20-21 October 1992, Samutprakarn, Thailand.

ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยโปรตีน	= 2.5 ชั่วโมง
อุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยโปรตีน	= 100 ^{0}ซ.
ปูนขาว (CaO)	= 0.15 กรัม/โปรตีนในเศษหนังตัดเจียร 1 กรัม
น้ำ	= 60-100 มล./10 กรัมเศษหนังตัดเจียร (ปริมาณน้ำที่ใช้ขึ้นกับความชื้นของเศษหนังตัดเจียร)
เวลาที่ใช้ในการสกัดโครเมียม	= 4 ชั่วโมง
อุณหภูมิที่เหมาะสม	= อุณหภูมิห้อง
ความเข้มข้นของกรดซัลฟุริก	= 1:4 (ปริมาณของกรดซัลฟุริก : ปริมาณน้ำ)

จากการศึกษาการนำกลับโปรตีนและโครเมียมด้วยอุปกรณ์อย่างง่ายภายในโรงงานฟอกหนังขนาดเล็กที่มีปริมาณ 100 ผืนหนังดิบ/วัน และมีเศษหนังตัดเจียร 130 กิโลกรัม/วัน โดยต้นทุนทั้งหมดในการประกอบเครื่องมือประมาณ 170,000 บาท และต้นทุนการดำเนินงานและการดูแลรักษาเครื่องมือต่อปีประมาณ 252,000 บาท และจากการวิเคราะห์ต้นทุน-กำไรของกระบวนการดังกล่าวข้างต้นพบว่า เมื่อพิจารณาการนำโปรตีนและโครเมียมที่ได้ในทางเลือกที่ 1 ช่วงเวลาชำระหนี้เป็น 5 ปีหรือมากกว่า ส่วนทางเลือกที่ 2 จะใช้เวลาการชำระหนี้เป็น 3, 5 และ 7 ปี เนื่องจากผลกำไรจากการขายกาวมากกว่า (รายละเอียดแสดงในตารางที่ ข.1, ข.2) อย่างไรก็ตามทั้ง 2 วิธีนี้ควรจะได้รับการศึกษา ทดลองทั้งทางด้านเทคนิคและความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจก่อนดำเนินการ



รูปที่ ข.1 แผนภูมิกระบวนการสกัดโปรตีนและโครเมียมจากเศษหนังเจียร

ตารางที่ ข.1 ค่าความเติบโตของผลิตผลที่ได้จาก shavings 1 ตัน

รายการ	ปริมาณที่ได้ กก/shaving 1 ตัน	ราคาขายต่อหน่วย (บาท/กก)	มูลค่าของผลิตผลทั้งหมด (บาท)
1) โครเมียมที่ได้ในรูปของสารละลายโครเมียมซัลเฟตหรือในรูปของเกลือโครเมียมซัลเฟต	10	20 (80% ของราคาในท้องตลาด)	200
2) โปรตีนในอาหารปลา (50% โปรตีน)..ทางเลือกที่ 1	268	14* (26**)	6,968***
3) โปรตีนสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกาว..ทางเลือกที่ 2	(-268)	30 (80% ของราคาในท้องตลาด)	(-8,040)
4) กากที่เหลือใช้ในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ในโตรเจนสำหรับพืชที่กินไม่ได้	78	8.5 (50% ของราคาในท้องตลาด)	663
รวม (ทางเลือกที่ 1):			7,831
รวม (ทางเลือกที่ 2):			8,903

หมายเหตุ: * ราคาต่อหน่วยของอาหารปลาที่มีโปรตีน 50% = 16 บาท/กก. ในที่นี้ราคาของโปรตีนที่ได้เป็น 80% ของราคาอาหารปลา

** รายได้สุทธิของอาหารบดที่มีโปรตีน 50% หรือ 16 บาท/กก. โปรตีนที่ได้

*** มูลค่ารวม = 268 กก x 26 บาท/กก.

ตารางที่ ข.2 การประเมินค่าต้นทุน/กำไรในระบบการนำ shavings กลับมาใช้ประโยชน์

รายการ	ทางเลือกที่ 1* บาท/ปี	ทางเลือกที่ 1* บาท/ปี	ทางเลือกที่ 2* บาท/ปี	ทางเลือกที่ 2* บาท/ปี
	ดอกเบี้ย 7%	ดอกเบี้ย 10%	ดอกเบี้ย 7%	ดอกเบี้ย 10%
<u>รายรับ</u>, ต่อปี	305,409	305,409	347,217	347,217
<u>รายจ่าย</u>, ต่อปี***				
ด้านการดำเนินงาน และการดูแลรักษา	252,690	252,690	252,690	252,690
ระยะเวลาการชำระหนี้ 3 ปี	64,780	68,370	64,780	68,370
ระยะเวลาการชำระหนี้ 5 ปี	41,487	44,853	41,487	44,853
ระยะเวลาการชำระหนี้ 7 ปี	31,625	34,925	31,625	34,925
<u>ผลกำไร</u>****				
ระยะเวลาการชำระหนี้ 3 ปี	-12,061	-15,651	29,747	26,157
ระยะเวลาการชำระหนี้ 5 ปี	11,232	7,866	53,040	49,674
ระยะเวลาการชำระหนี้ 7 ปี	21,094	17,794	62,902	59,602

หมายเหตุ: * ทางเลือกที่ 1 = โครเมียม+โปรตีน+ปุ๋ย

** ทางเลือกที่ 2 = โครเมียม+กาว+ปุ๋ย

*** คำนวนจากสมการดังแสดงข้างต้น

**** กำไร = รายรับ - รายจ่าย

ภาคผนวก ค.
การหมุนเวียนโครเมียมจากน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

จากการศึกษาเรื่องการหมุนเวียนใช้โครเมียมจากน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมฟอกหนังของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2536) โดยทดสอบเดินระบบโรงทดลองนำร่องที่สภาวะต่างๆ พบว่าการตกตะกอนผลึกโครเมียมด้วย MgO และแยกน้ำจากตะกอนผลึกโดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชม. เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ทั้งในน้ำเสียที่มีและไม่มีสารช่วยตรึงโครเมียมโดยสามารถนำกลับโครเมียมได้เฉลี่ย 75.9 และ 64.8% (ผลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ) ซึ่งการเดินระบบในภาวะทั้ง 2 นี้พบว่าสามารถเดินระบบได้ดี ง่ายต่อการควบคุมดูแล และสารละลายโครเมียมที่นำกลับมาใช้ใหม่นี้ไม่มีผลต่อคุณภาพหนังผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าการใช้ MgO ในน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงโครเมียมไม่เหมาะสม เนื่องจากน้ำทิ้งจากการฟอกโครมมีปริมาณโครเมียมต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงโครเมียม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,541 และ 3,070 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียมในน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงด้วยระบบนำกลับนี้จึงไม่เหมาะสม แต่ถ้าเป็นน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงพบว่าจะสามารถใช้ระบบการนำกลับโครเมียมได้กำไร 2.28 – 16.38% และคุ้มทุนที่ระยะ 3-7 ปี ขึ้นกับการลงทุนในการก่อสร้างระบบนำกลับ ซึ่งถ้าโรงงานฟอกหนังสามารถก่อสร้างระบบนำกลับได้เอง จะสามารถลดเงินทุนได้มาก จะเป็นผลให้ระยะเวลาคุ้มทุนลดลงและมีผลกำไรเพิ่มขึ้น

การทดสอบการนำกลับโครเมียมด้วยโรงทดลองนำร่องนี้ได้ศึกษาผลของสารเคมีที่จะสะสมในน้ำฟอกโครมและมีผลต่อคุณภาพหนังผลิตภัณฑ์ด้วย โดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด น้ำมันและไขมัน คลอไรด์ เหล็ก และความเป็นด่าง (basicity) ซึ่งพบว่าปริมาณสารต่างๆดังกล่าวไม่ได้เพิ่มสะสมในสารละลายโครเมียมที่นำกลับได้ และจากการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญชาวเยอรมัน พบว่าคุณภาพหนังไม่เปลี่ยนแปลงจากการใช้โครมสดทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์เชิงเศษฐศาสตร์โดยการหาอัตราผลตอบแทนลงทุน มีดังนี้ :-

จากการศึกษาการเดินทางระบบโรงทดลองนำร่องโดยใช้ MgO ในน้ำเสียที่มีและไม่มีสารช่วยตรึงโครเมียม และวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์โดยวิธีการหาอัตราผลตอบแทนลงทุนสำหรับกรณีโรงฟอกหนังบุรารักษ์ พบว่าสำหรับระบบการนำโครเมียมที่ใช้เงินลงทุน 1,310,483 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 10% และ 15.5% ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ คือ

1. น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงโครเมียม

ก. เงินลงทุน 1,310,483 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 10%

อัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์เท่ากับ 17.43% หมายความว่าภายในระยะเวลา 5 ปี อัตราผลตอบแทนซึ่งเกินจากดอกเบี้ยมาตรฐานเท่ากับ 7.43 (สามารถคืนทุนได้ที่เวลา 5 ปี) รายละเอียดแสดงในตารางที่ ค.1

ข. <u>เงินลงทุน 1,310,483 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 15.5%</u>

อัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์เท่ากับ 17.78% หมายความว่าภายในระยะเวลา 7 ปี อัตราผลตอบแทนซึ่งเกินจากดอกเบี้ยมาตรฐานเท่ากับ 2.28 (สามารถคืนทุนได้ที่เวลา 7 ปี) รายละเอียดแสดงในตารางที่ ค.2

สำหรับกรณีการเดินระบบโรงทดลองนำร่องของน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงโครเมียมนี้ พบว่าจะสามารถคุมทุนในเวลา 5-7 ปี หรือกำไร 2.28 – 7.43 % ขึ้นกับอัตราดอกเบี้ย

อย่างไรก็ตามเราสามารถลดจำนวนเครื่องมือและอุปกรณ์ในโรงทดลองนำร่องจากของเดิมได้อีก (ไม่มีเครื่องรีดน้ำออกจากสลัดจ์ และใช้ถังตกตะกอนถังเดียว ไม่มีถังละลายตะกอน) ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ ซึ่งมีผลทำให้เงินลงทุนแรกเริ่มลดลงจาก 1,310,483 บาท เป็น 903,648 บาท ดังนั้นภายในระยะเวลา 3 ปี จะสามารถคุ้มทุน เมื่อคำนวณที่อัตราดอกเบี้ยเงินลงทุน 10% อัตราผลตอบแทนซึ่งเกิดจากดอกเบี้ยมาตรฐานเท่ากับ 16.3 % หรือกำไรเป็นอัตราร้อยละ 16.38 (ตารางที่ ค.3) และเมื่อคิดที่อัตราดอกเบี้ยลงทุน 15.5 % อัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์เท่ากับ 19.07% หมายความว่า ภายในระยะเวลา 3 ปี อัตราผลตอบแทนเกินจากดอกเบี้ยมาตรฐาน 3.57% หรือกำไรเป็นอัตราร้อยละ 3.7 (ตารางที่ ค.

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในกรณีน้ำเสียที่ไม่มีสารตรึงโครเมียม จะสามารถใช้ระบบการนำกลับโครเมียมได้ผลกำไร 2.28 – 16.38% และคุ้มทุนที่ระยะเวลา 3 – 7 ปี ขึ้นกับเงินลงทุนในการก่อสร้างระบบนำกลับได้เองซึ่งจะสามารถลดเงินลงทุนได้มาก จะเป็นผลให้ระยะเวลาคุ้มทุนลดลงและมีผลกำไรเพิ่มขึ้นอีก

2. น้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงโครเมียม

สำหรับการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงพบว่าไม่มีผลคุ้มทุนเนื่องจากโครเมียมที่นำกลับได้มีปริมาณน้อยมาก ซึ่งผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงทดลองนำร่องแสดงในตารางที่ ค.5 ในกรณีน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงโครเมียมซึ่งมีโครเมียมในน้ำเสียต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีสารช่วยตรึงโครเมียมประมาร 50% จึงทำให้โครเมียมที่นำกลับได้ต่ำและไม่คุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

อย่างไรก็ตาม แม้วิธีการนำกลับโครเมียมในลักษณะนี้จะไม่คุ้มทุน แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่พึงมี และปัญหาจากการปล่อยทิ้งโครเมียมลงสู่สิ่งแวดล้อม โดยไม่มีการควบคุมดังที่ทำอยู่ในขณะนี้แล้ว การนำหลบโครเมียมก็เป็นสิ่งจำเป็นที่มิอาจหลีกเลี่ยงได้

แต่ถ้าโรงงานดำเนินการก่อสร้างระบบฯ เอง จะเสียค่าใช้จ่ายถูกลง คาดว่าจะเป็นประมาณ 500,000 บาท ซึ่งหากมีดอกเบี้ย 10% และ 15% จะคุ้มทุนได้ภายใน 2 ปี ดูตารางที่ ค. 6 และ ค. 7

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยเงินลงทุน 1,310,483 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 10 %

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงหลอมน้ำว่อง

กรณีศึกษา : การดูดซับก๊าซแอมโมเนียออกไซด์ สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอนโครเมียม

อัตราการผลิต:	3,228 ตันหนังดิบต่อปี
ปริมาณสารฟอกโครมที่ใช้ (BCS) :	98.4 ตันต่อปี
เงินลงทุนของโรงหลอมน้ำว่อง	**1,310,483 บาท**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	
– ค่าบำรุงรักษา	57,640 บาท
– ค่าสารเคมี	98,903 บาท
– ค่าไฟฟ้า	8,522 บาท
– ค่าน้ำ	323 บาท
– ค่าแรงงาน	51,688 บาท
**รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี : **	**217,076 บาท**
ดอกเบี้ย (10 % ของเงินลงทุน)	**131,048 บาท**
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดประจำปี :	**348,124 บาท**
รายได้ประจำปี :	
– มูลค่าของสารฟอกโครมในรูปของสารฟอกโครม ที่นำกลับมาได้ 15.78 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	331,380 บาท
– ประหยัดการใช้สารฟอสฟิลิก้ม 12.3 ตัน @ 98,000 บาทต่อตัน	1,205,400 บาท
– ลดการใช้สารฟอกโครมในกระบวนการฟอก 35.9 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	(774,900)บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี :	**761,880 บาท**
กำไรสุทธิ :	**413,756 บาท**

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโรงหลอมน้ำว่อง

แนวทางเลือกที่ 1 : ใช้อัตราดอกเบี้ย 10 %

		อัตราดอกเบี้ย = 0.15		อัตราดอกเบี้ย = 0.2		อัตราดอกเบี้ย = 0.1743	
ปี	กระแสเงินสด สุทธิ	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	1,310,483						
1	413,756	0.86956521	359,788	0.83333333	344,797	0.85157114	352,343
2	413,756	0.75614366	312,859	0.69444444	287,331	0.72517342	300,045
3	413,756	0.65751623	272,051	0.57870370	239,442	0.61753676	255,510
4	413,756	0.57175324	236,566	0.48225308	199,535	0.52587649	217,585
5	413,756	0.49717673	205,710	0.40187757	166,279	0.44782124	185,289
		รวมทั้งหมด	1,386,974	รวมทั้งหมด	1,237,384	รวมทั้งหมด	1,310,770
อัตราส่วน = มูลค่าปัจจุบันทั้งหมด / การลงทุนแรกเริ่ม		=	1.06		0.94		1.00

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยเงินลงทุน 1,310,483 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 15.5 %

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงหลอมน้ำร่อง

กรณีศึกษา : การหลอมกลับด้วยแบคทีเรียมออกไซด์ สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอนโครเมียม

อัตราการฟอกหนัง:	3,228 ตันหนังดิบต่อปี
ปริมาณสารฟอกโครมที่ใช้ (BCS) :	98.4 ตันต่อปี
เงินลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง	**1,310,483 บาท**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	
– ค่าบำรุงรักษา	57,640 บาท
– ค่าสารเคมี	98,903 บาท
– ค่าไฟฟ้า	8,522 บาท
– ค่าน้ำ	323 บาท
– ค่าแรงงาน	51,688 บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	217,076 บาท
หลบเบี้ย (15.5 % ของเงินลงทุน)	203,125 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดประจำปี :	420,201 บาท
รายได้ประจำปี :	
– มูลค่าของสารฟอกโครมในรูปของสารฟอกโครม ที่นำกลับมาได้ 15.78 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	331,380 บาท
– ประหยัดการใช้สารเฟลสิดิ้ม 12.3 ตัน @ 98,000 บาทต่อตัน	1,205,400 บาท
– ลดการใช้สารฟอกโครมในกระบวนการฟอก 36.9 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	(774,900)บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี :	761,880 บาท
กำไรสุทธิ :	**341,679 บาท**

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง

แนวทางเลือกที่ 2 : ใช้อัตราหลบเบี้ย 15.5 %

		อัตราดอกเบี้ย =	0.15	อัตราดอกเบี้ย =	0.2	อัตราดอกเบี้ย =	0.1778
ปี	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	1,310,483						
1	341,679	0.86956521	297,112	0.83333333	284,733	0.84904058	290,099
2	341,679	0.75614366	258,358	0.69444444	237,277	0.72066991	246,306
3	341,679	0.65751623	224,659	0.57870370	197,731	0.61204781	209,124
4	341,679	0.57175324	195,356	0.48225308	164,776	0.51965343	177,555
5	341,679	0.49717673	169,875	0.40187757	137,313	0.44120685	150,751
6	341,679	0.43232759	147,717	0.33489797	114,428	0.37460252	127,994
7	341,679	0.37593703	128,450	0.27908164	95,356	0.31805274	108,672
		รวมทั้งหมด	1,421,528	รวมทั้งหมด	1,231,613	รวมทั้งหมด	1,310,501
อัตราส่วน	มูลค่าปัจจุบันทั้งหมด / การลงทุนแรกเริ่ม		1.08		0.94		1.00

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยเงินลงทุน 903,648 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 10 %

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงหลอมน้ำร่อง

กรณีศึกษา : การตกตะกอนด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอนโครเมียม

อัตราการฟอกผิว:	3,228 ตันผิวต่อปี
ปริมาณสารฟอกโครมที่ใช้ (BCS) :	98.4 ตันต่อปี
เงินลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง	**903,648 บาท**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	
– ค่าบำรุงรักษา	41,487 บาท
– ค่าสารเคมี	98,903 บาท
– ค่าไฟฟ้า	6,643 บาท
– ค่าน้ำ	323 บาท
– ค่าแรงงาน	51,688 บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	199,044 บาท
ดอกเบี้ย (10 % ของเงินลงทุน)	90,365 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดประจำปี :	289,409 บาท
รายได้ประจำปี :	
– มูลค่าของสารฟอกโครมในรูปของสารฟอกโครม ที่นำกลับมาได้ 15.78 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	331,380 บาท
– ประหยัดการใช้สารเฟลสิคัม 12.3 ตัน @ 98,000 บาทต่อตัน	1,205,400 บาท
– ลดการใช้สารฟอกโครมในกระบวนการฟอก 36.9 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	(774,900)บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี :	761,880 บาท
กำไรสุทธิ :	472,471 บาท

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง

แนวทางเลือกที่ 3 : ใช้อัตราดอกเบี้ย 10 %

		อัตราดอกเบี้ย =	0.15	อัตราดอกเบี้ย =	0.1	อัตราดอกเบี้ย =	0.2638
ปี	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	903,648						
1	472,471	0.86956521	410,844	0.90909090	429,519	0.79126444	373,850
2	472,471	0.75614366	357,256	0.82644628	390,472	0.62609941	295,814
3	472,471	0.65751623	310,657	0.75131480	354,974	0.49541020	234,067
		รวมทั้งหมด	1,078,758	รวมทั้งหมด	1,174,965	รวมทั้งหมด	903,730
อัตราส่วน =	มูลค่าปัจจุบันทั้งหมด / การลงทุนเบื้องต้น	=	1.19		1.30		1.00

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยเงินลงทุน 903,648 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 15.5 %

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงหลอมน้ำร่อง

กรณีศึกษา : การตกตะกอนด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกโครเมียม

อัตราการฟอกหนัง:	3,226 ตันหนังดิบต่อปี
ปริมาณสารฟอกโครมที่ใช้ (BCS) :	98.4 ตันต่อปี
เงินลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง *	**903,648 บาท**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	
– ค่าบำรุงรักษา	41,487 บาท
– ค่าสารเคมี	98,903 บาท
– ค่าไฟฟ้า	6,643 บาท
– ค่าน้ำ	323 บาท
-- ค่าแรงงาน	51,688 บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	**199,044 บาท**
ดอกเบี้ย (15.5 % ของเงินลงทุน)	**140,065 บาท**
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดประจำปี :	**339,109 บาท**
รายได้ประจำปี :	
– มูลค่าของสารฟอกโครมในรูปของสารฟอกโครม ที่นำกลับมาได้ 15.78 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	331,380 บาท
– ประหยัดการใช้สารเฟอริเดิร์ม 12.3 ตัน @ 98,000 บาทต่อตัน	1,205,400 บาท
– ผลการใช้สาร ทฟอกโครมในกระบวนการฟอก 36.9 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	(774,900)บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี :	**761,880 บาท**
กำไรสุทธิ :	**422,771 บาท**

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง

แนวทางเลือกที่ 4 : ใช้อัตราดอกเบี้ย 15.5 %

		อัตราดอกเบี้ย =	0.15	อัตราดอกเบี้ย =	0.11	อัตราดอกเบี้ย =	0.1907
ปี	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	903,648						
1	422,771	0.86956521	367,627	0.90090090	380,875	0.83984210	355,061
2	422,771	0.75614366	319,676	0.81162243	343,130	0.70533476	298,195
3	422,771	0.65751623	277,979	0.73119138	309,127	0.59236984	250,437
		รวมทั้งหมด	965,281	รวมทั้งหมด	1,033,132	รวมทั้งหมด	903,693
อัตราส่วน	มูลค่าปัจจุบันทั้งหมด / การลงทุนแรกเริ่ม		1.07		1.14		1.00

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยเงินลงทุน 1,310,483 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 10 %

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงหลอมน้ำร่อง

กรณีศึกษา : การฉาดะกอนด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ สำหรับน้ำเสียที่มีสารช่วยตกตะกอนโครเมียม

อัตราการฟอกหนัง:	3,228 ผืนหนังดิบต่อปี
ปริมาณสารฟอกโครมที่ใช้ (BCS) :	61.5 ตันต่อปี
เงินลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง	**1,310,483 บาท**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	
– ค่าบำรุงรักษา	57,540 บาท
– ค่าสารเคมี	60,600 บาท
– ค่าไฟฟ้า	8,522 บาท
– ค่าน้ำ	323 บาท
– ค่าแรงงาน	51,688 บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	**178,773 บาท**
ดอกเบี้ย (10 % ของเงินลงทุน)	**131,048 บาท**
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดประจำปี :	**309,821 บาท**
รายได้ประจำปี :	
– มูลค่าของสารฟอกโครมในรูปของสารฟอกโครม ที่นำกลับมาได้ 3.81 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	80,010 บาท
ราคาหุนสุทธิ :	**229,811 บาท**

ตารางที่ ค. 6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยเงินลงทุน 500,000 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 10 %

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงหลอมน้ำว่อง

กรณีศึกษา : การตกตะกอนด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอนโครเมียม

อัตราการฟอกหนัง:	3,228 ตันหนังดิบต่อปี
ปริมาณสารฟอกโครมที่ใช้ (BCS) :	98.4 ตันต่อปี
เงินลงทุนของโรงหลอมน้ำว่อง	**500,000 บาท**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	
– ค่าบำรุงรักษา	41,487 บาท
– ค่าสารเคมี	98,903 บาท
– ค่าไฟฟ้า /	6,643 บาท
– ค่าน้ำ	323 บาท
– ค่าแรงงาน	51,688 บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	**199,044 บาท**
ดอกเบี้ย (10 % ของเงินลงทุน)	**50,000 บาท**
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดประจำปี :	**249,044 บาท**
รายได้ประจำปี :	
– มูลค่าของสารฟอกโครมในรูปของสารฟอกโครม ที่นำกลับมาได้ 15.78 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	331,380 บาท
– ประหยัดการใช้สารเฟอริเดิร์ม 12.3 ตัน @ 98,000 บาทต่อตัน	1,205,400 บาท
– ลดการใช้สารฟอกโครมในกระบวนการฟอก 36.9 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	(774,900)บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี :	**761,880 บาท**
กำไรสุทธิ :	**512,836 บาท**

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโรงหลอมน้ำว่อง

แนวทางเลือกที่ 1 : ใช้อัตราดอกเบี้ย 10 %

		อัตราดอกเบี้ย = 0.15		อัตราดอกเบี้ย = 0.1		อัตราดอกเบี้ย = 0.648	
ปี	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	500,000						
1	512,836	0.86956521	445,944	0.90909090	466,215	0.60679611	311,187
2	512,836	0.75614366	387,778	0.82644628	423,831	0.36820152	188,827
		รวมทั้งหมด	833,722	รวมทั้งหมด	890,046	รวมทั้งหมด	500,014
อัตราส่วน =	มูลค่าปัจจุบันทั้งหมด / การลงทุนแรกเริ่ม		1.67		1.78		1.00

ตารางที่ ค. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยเงินลงทุน 500,000 บาท ที่อัตราดอกเบี้ย 15 %

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงหลอมน้ำร่อง

กรณีศึกษา : การตกตะกอนด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอนโครเมียม

อัตราการฟอกหนัง:	3,228 ตันหนังดิบต่อปี
ปริมาณสารฟอกโครมที่ใช้ (BCS) :	98.4 ตันต่อปี
เงินลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง	**500,000 บาท**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	
– ค่าบำรุงรักษา	41,487 บาท
– ค่าสารเคมี	98,903 บาท
– ค่าไฟฟ้า	6,643 บาท
– ค่าน้ำ	323 บาท
– ค่าแรงงาน	51,688 บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี :	**199,044 บาท**
ดอกเบี้ย (15 % ของเงินลงทุน)	**75,000 บาท**
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดประจำปี :	**274,044 บาท**
รายได้ประจำปี :	
– มูลค่าของสารฟอกโครมในรูปของสารฟอกโครมที่นำกลับมาได้ 15.78 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	331,380 บาท
– ประหยัดการใช้สารเฟอริเดิร์ม 12.3 ตัน @ 98,000 บาทต่อตัน	1,205,400 บาท
– ลดการใช้สารฟอกโครมในกระบวนการฟอก 36.9 ตัน @ 21,000 บาทต่อตัน	(774,900)บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี :	**761,880 บาท**
กำไรสุทธิ :	**487,836 บาท**

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโรงหลอมน้ำร่อง

แนวทางเลือกที่ 2 : ใช้อัตราดอกเบี้ย 15 %

		อัตราดอกเบี้ย =	0.15	อัตราดอกเบี้ย =	0.1	อัตราดอกเบี้ย =	0.589
ปี	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	อัตราส่วนลด	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
0	500,000						
1	487,836	0.86956521	424,205	0.90909090	443,487	0.62932662	307,008
2	487,836	0.75614366	368,874	0.82644628	403,170	0.39605199	193,208
		รวมทั้งหมด	793,079	รวมทั้งหมด	846,658	รวมทั้งหมด	500,217
อัตราส่วน	มูลค่าปัจจุบันทั้งหมดการลงทุนเริ่มแรก		1.59		1.69		1.00

ภาคผนวก ง.
วิธีวิเคราะห์น้ำเสียขั้นพื้นฐาน

การวิเคราะห์หาค่าต่างๆที่ค่อนข้างยุ่งยาก หาดูได้จากคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียต่างๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีที่ทำได้ในงานสนามอย่างง่ายๆ

1. <u>การวัดพีเอช</u>

ใช้กระดาษพีเอชแบบละเอียด จุ่มลงในตัวอย่างน้ำ แล้วปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาเป็นสีขึ้น นำไปเทียบกับแถบสีมาตรฐาน (ที่ให้มาพร้อมกับการซื้อกระดาษพีเอช) แล้วอ่านค่าพีเอชออกมาได้ง่ายๆ

หรือ ใช้เครื่องวัดพีเอช เช็ดหัววัดให้สะอาดด้วยกระดาษนุ่มๆหมาดๆน้ำ แล้วจุ่มหัววัดลงในตัวอย่างน้ำ กวนเบาๆ รอให้ค่าที่อ่านได้จากหน้าปัทม์คงที่ (ไม่แกว่งไปมา) อาจใช้เวลาถึง 2 - 3 นาที อ่านค่าพีเอชจากเครื่องวัด จากนั้นเอาหัววัดออกมาล้างด้วยน้ำสะอาด เช็ด แล้วจุ่มหัววัดแช่ลงในน้ำกลั่นตลอดเวลา

2. <u>การวัดทีดีเอส</u>

ทำเช่นเดียวกับวิธีวัดพีเอชด้วยเครื่องวัดความนำไฟฟ้า ปรับค่าเป็นทีดีเอสตามคู่มือการใช้เครื่อง

3. <u>การวัดโครเมียมในสนาม</u>

3.1 สารเคมี

- EDTA 0.1 M. (2 ลิตร)
- $KCr(SO_4)_2$ * 12 H_2O 100 กรัม

3.2 อุปกรณ์

- ขวดวัดปริมาตรพร้อมฝาแก้วขนาด 1,000 มล. 2 ใบ
- ปิเปตวัดปริมาตรขนาด 1 มล., 10 มล. อย่างละ 2 อัน
- ปิเปตขนาด 10 มล. 2 อัน
- กระบอกตวง 25 มล. 2 อัน
- หลอดแก้ว 50 อัน
- เตาไฟฟ้า
- บีกเกอร์ 250 มล. 5 ใบ
- บีกเกอร์ 400 มล. 5 ใบ
- ขวดแก้ว 1 ลิตร 5 ใบ
- ขวดพลาสติก 1 ลิตร 10 ใบ

3.3 สารละลายมาตรฐาน

- สารละลายสต็อก :

ละลาย $KCr(SO_4)_2 * 12\ H_2O$ 59.134 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มล. เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มล. สารละลายนี้มีความเข้มข้นโครเมียม 9.00 กรัม Cr_2O_3 ต่อลิตร

- สารละลายมาตรฐาน :

เจือจางสารละลายสต็อค ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. การเจือจางสารละลายมาตรฐาน

ลำดับที่	สารละลายสต็อก, มล.	ปริมาตรน้ำกลั่น, มล.	ความเข้มข้น กรัม Cr_2O_3/ล.
1	1	8	1
2	2	7	2
3	3	6	3
4	5	4	5
5	7	2	7
6	9	0	9

ปิเปต 1 มล. ของสารละลายแต่ละความเข้มข้นลงในหลอดทดลอง เติม 20.00 มล.ของสารละลาย EDTA ต้มในน้ำเดือด 10 นาที จะเกิดสารประกอบสีม่วง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง สารละลายเหล่านี้เป็นสารละลายอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบสี โดยวางเรียงในที่วางหลอดทดลอง

3.4 วิธีทดลอง

- เก็บตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร
- ปิเปตน้ำเสีย 1 มล. ใส่ลงในหลอดแก้ว
- เติมสารละลาย EDTA 20.00 มล.
- ต้มในน้ำเดือด 10 นาที เกิดสารประกอบสีม่วง
- ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- เปรียบเทียบสีกับสารละลายมาตรฐาน และประมาณความเข้มข้นในหน่วยกรัม Cr_2O_3 ต่อลิตร

ภาคผนวก จ.

เกณฑ์กำหนดมาตรฐาน

1. <u>พีเอช</u>

ใช้คงเดิม 5.5 - 9.0

มาตรฐานเดิมสามารถปฏิบัติตามได้โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติมและค่ามาตรฐานนี้มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมพอสมควรแล้ว

2. <u>ซัลไฟด์</u>

จากเอกสาร Development Document for Effluent Limitations, Guidelines for the Leather Tanning and Finishing ของ U.S. EPA โดย Anne M. Gorsuch และคณะ, พฤศจิกายน 2525 บ่งว่าสามารถกำจัดซัลไฟด์ได้ถึงศูนย์ แต่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพในประเทศ จึงกำหนดเป็น 1 และ 2 มก./ล. ตามลำดับ

3. <u>โครเมียม</u>

เสนอเป็น 0.75 มก./ล. สำหรับ Cr-III และให้ระยะเวลา 3 ปี ควรใช้ค่า 0.5 มก./ล.

และ 0.25 มก./ล. สำหรับ Cr-VI

จากประวัติการใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียรวม ของกลุ่มฟอกหนัง กม.30 และ 34 ในช่วงปี 2534-2535 พบว่าสามารถผลิตน้ำทิ้งมีคุณภาพดี โครเมียมเฉลี่ย 0.7 มก./ล. ในขณะที่ยังไม่มีการดำเนินการใดๆ ที่จะลดโครเมียมในขั้นตอนการฟอกโครมเลย เชื่อว่าหากใช้มาตรการนี้มาร่วมด้วยแล้ว น้ำทิ้งควรมีโครเมียมต่ำกว่า 0.5 มก./ล. ได้

สำหรับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากการกำจัดโครเมียม ณ ขั้นตอนการฟอกโครม กำหนดให้ไม่เกิน **30** มก./ล. ซึ่งสามารถทำได้ในทางปฏิบัติ

ส่วนที่กำหนดให้โครเมียมในกากตะกอนของเสียไม่เกิน 1,000 มก./กก. น้ำหนักตะกอนแห้งนั้น อาศัยข้อมูลจากประเทศเยอรมันนี ซึ่งใช้มาตรการ best practical technology เป็นเกณฑ์ (สามารถทำได้ที่ 800 มก./กก.น้ำหนักตะกอนแห้ง) และข้อมูลจาก UNIDO/UNEP ที่กำหนดให้ตะกอนหรือ sludge ที่จะเอาไปใช้ในการเกษตรได้ควรมีค่าโครเมียมระหว่าง 1,000 - 1,500 มก./กก. น้ำหนักแห้ง

4. <u>เอสเอส</u>

เสนอ 50 มก./ล. ให้สอดคล้องกับมาตรฐานใหม่ที่ กรมควบคุมมลพิษ และ กรมโรงงานอุตสาหกรรม ประกาศใช้อยู่

ทำได้โดยไม่มีปัญหา โดยใช้ระบบบำบัดทางชีววิทยา แม้ว่าข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของกลุ่มโรงงานฟอกหนังที่ผ่านมาจะมีค่ามากกว่านี้ ซึ่งเป็นเพราะการควบคุมระบบยังไม่ดีพอและเกิดการเกินกำลัง (overload) ของระบบฯ ที่มีอยู่ด้วย

มาตรฐานของตางประเทศ ถ้าทิ้งน้ำทิ้งนี้ลงในแหล่งน้ำผิวดิน จะมีค่าอยู่ในช่วง 20-600 มก./ล. แต่หากทิ้งลงท่อระบายน้ำเสียก่อนนำไปบำบัดร่วมกับน้ำเสียชุมชนของเมือง จะมีค่าระหว่าง 100-6,000 มก./ล.

5. <u>บีโอดี</u>

เสนอค่า 20 มก./ล. สำหรับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียรวม เพราะถือเป็นโรงงานประเภท 101 และเป็นเขตประกอบการอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษขนาดใหญ่

และจะผ่อนผันให้ไม่เกิน 60 มก./ล. สำหรับโรงงานที่อยู่เอกเทศ เพราะจัดเป็นโรงงานประเภท 29

ปัจจุบันมลพิษทางน้ำรุนแรงมาก ต้องมีมาตรการควบคุมเข้มขึ้น รวมทั้งจะให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม และ กรมควบคุมมลพิษ ได้ประกาศใช้

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายลงแหล่งน้ำผิวดินของต่างประเทศ จะอยู่ในช่วง 5-200 มก./ล. แต่หากทิ้งลงท่อระบายน้ำเสียของเมืองก่อนนำไปบำบัดร่วมกับน้ำเสียชุมชน ค่ามาตรฐานจะเป็น 150-1,700 มก./ล.

6. <u>ซีโอดี</u>

เสนอใช้ค่า 120 มก./ล. สำหรับน้ำทิ้งที่ระบายออกจากระบบบำบัดน้ำเสียรวม เพราะถือเป็นโรงงานประเภท 101 และเป็นเขตประกอบการอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษขนาดใหญ่

แต่จะผ่อนผันให้ไม่เกิน 400 มก./ล. สำหรับโรงงานที่อยู่เอกเทศ

การกำหนดอาศัย COD มีค่า 6-8 เท่าของ BOD ซึ่งเป็นค่าปกติทั่วไปสำหรับน้ำทิ้งประเภท