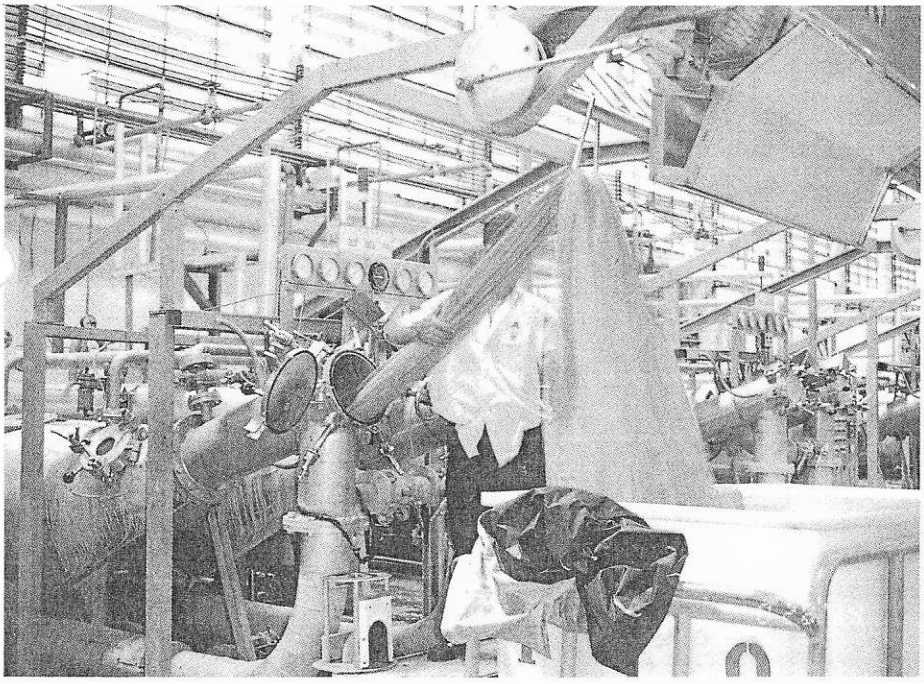
HARZARDOUS
Waste

ดร.นันทยา ยานุเมศ *

ความเป็นพิษและมลพิษของสีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ



1. บทนำ

สารเคมีและสีย้อมที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีอยู่มากมายหลายร้อยชนิด แต่ละชนิดก็มีความเป็นพิษ และมลพิษที่แตกต่างกันไป ในช่วงเวลา 30 ปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติความเป็นพิษและมลพิษของสีย้อม และสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอไว้มากมาย ทั้งที่รวบรวมจากผลการใช้จริงในอุตสาหกรรมและจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ สมบัติความเป็นพิษของสารที่ใช้มีความสำคัญไม่เพียงต่อความปลอดภัยของผู้ใช้เท่านั้น แต่ยังมีผลถึงมลพิษที่อาจจะเกิดจากการใช้สารนั้นด้วย การมีความรู้เกี่ยวกับสมบัติความเป็นพิษของสารจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้สารที่มีผลกระทบต่อผู้ใช้และต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด

2. การตรวจวัดความเป็นพิษและมลพิษของสาร

ความเป็นพิษของสาร หมายถึง อันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์ หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เมื่อต้องสัมผัสกับสารนั้น ธรรมดามนุษย์อาจได้รับอันตรายจากสารพิษใน 3 ทางด้วยกันคือ

1) โดยการสูดดมเข้าไปทางจมูก ในกรณีที่สารพิษนั้นเป็นก๊าซ หรือเป็นสารที่ระเหยง่าย

2) โดยการสัมผัสทางผิวหนัง

3) โดยการบริโภค

ดังนั้น การตรวจวัดความเป็นพิษของสารปกติจึงเป็นการตรวจวัดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ใน 3 ทางข้างต้น โดยใช้หนูเป็นสัตว์ทดลอง และได้มีการกำหนดหน่วยวัดเพื่อใช้ประเมินความเป็นพิษของสาร หน่วยวัดที่นิยมใช้กันมากมีดังนี้

1) ค่า "TLV" (Threshold Limit Value)

หมายถึง ปริมาณสารที่อาจมีได้ในบรรยากาศการทำงาน โดยไม่เป็นอันตรายต่อคนงาน มีหน่วยวัดเป็น ppm (parts per million) หรือจำนวนส่วนในล้านส่วน หน่วยวัดนี้สามารถใช้ประเมินอันตรายที่อาจเกิดจากการสูดดมเข้าไปทางจมูกและมีความสำคัญโดยเฉพาะกับสารที่ระเหยง่าย หรือสารที่เป็นก๊าซ ในบรรยากาศปกติสารที่มีค่า "TLV" ต่ำ จะมีความเป็นพิษสูง ตัวอย่างค่า "TLV" ของสารเคมีบางตัวมีดังแสดงในตารางที่ 1

2) ค่า 'LD 50' (LD = Lethal Dose)

หมายถึง ปริมาณสารที่เมื่อให้กับหนูทดลองจะมีหนูที่ถูกทดลองตายไป 50% ของจำนวนหนูทดลองที่ใช้ทั้งหมด หน่วยวัดนี้สามารถใช้ประเมินความเป็นพิษของสาร หากมีการบริโภคเข้าไป สารที่มีค่า 'LD 50' ยิ่งต่ำ แสดงว่ายิ่งมีความเป็นพิษสูง ตารางที่ 2 แสดงความเป็นพิษของสารที่ค่า 'LD 50' ระดับ ต่างๆ

สำหรับการวัดความเป็นพิษจากการสัมผัสทางผิวหนังนั้น ยังไม่มีหน่วยวัดในเรื่องนี้ที่มีค่าเป็นตัวเลขที่แน่นอน ส่วนมากจะอาศัยการสังเกตจากอาการที่เกิดเมื่อมีการสัมผัสเกิดขึ้น ซึ่งจะมีอาการตั้งแต่การระคายเคือง การเป็น

นันทยา ยานุเมศ. "ความเป็นพิษและมลพิษของสีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ". THAI ENVIRONMENTAL ENGINEERING. 10, 3 (ก.ค.-ส.ค. 2539) 32-34.

ผื่นแดงไปจนถึงการไหม้หรือทำลายข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายของสารเคมีที่เกิดจากการสัมผัสส่วนใหญ่จะค้นได้จากเอกสารอ้างอิงทางเคมีทั่วไป

นอกจากการตรวจวัดความเป็นพิษของสารตามวิธีต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีการตรวจวัดอีกอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญมาก นั่นคือ การตรวจวัดการเกิดโรคมะเร็งจากสาร ปัจจุบันได้มีการค้นพบว่า มีสารเคมีหลายชนิดที่เมื่อมีการสะสมในร่างกายมากพอก็จะทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ สารเคมีที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งได้นี้ มีชื่อเรียกว่า

ตารางที่ 1
ตัวอย่างค่า "TLV" ของสารเคมีบางชนิด

คาร์บอนมอนน็อกไซด์	50	ppm
แอมโมเนีย	25	ppm
เบนซิน	10	ppm
ฟอร์มัลดีไฮด์	2	ppm
กรดซัลฟูริค	1	ppm
คลอรีน	1	ppm

สารคาร์สิโนเจน (Carcinogens) ในต่างประเทศมีกฎหมายที่ควบคุมการใช้สารที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นสารคาร์สิโนเจนที่เข้มงวดมาก ส่วนใหญ่จะมีการห้ามหรือยกเลิกการใช้ไปทั้งหมด

ดังได้กล่าวในตอนต้นแล้วว่า ความเป็นพิษของสารมีความสำคัญไม่เพียงแต่ในแง่ของอันตรายต่อผู้ใช้เท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญในแง่ของมลพิษหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยสมบัติของสารที่มีความสำคัญต่อมลพิษมี 2 ประการคือ

1. ความสามารถในการสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradability)

สารที่มีการสลายตัวทางชีวภาพในสิ่งแวดล้อมได้ง่าย จะไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพราะผลจากการสลายตัวทางชีวภาพ จะทำให้สารถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเกลืออย่างง่ายๆ สารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการสลายตัวทางชีวภาพในระดับที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสารนั้น การวัดสมบัติในข้อนี้สามารถทำได้ด้วยการทดลองในห้องปฏิบัติการ

2. ความเป็นพิษต่อปลา

สมบัติในข้อนี้ มีความสำคัญโดยเฉพาะกับสารที่มีการปะปนอยู่ในน้ำทิ้ง สารที่เป็นพิษต่อปลาถ้ามีปะปนในน้ำเกินขนาดจะเป็นอันตรายต่อปลา ซึ่งจะนำไปสู่การเสียความสมดุลทางธรรมชาติในน้ำในที่สุด การวัดสมบัติข้อนี้ใช้วิธีตรวจวัดด้วยการทดลองในห้องปฏิบัติการเช่นเดียวกับสมบัติในข้อแรก

ตารางที่ 2 ความเป็นพิษของสารที่ค่า `LD 50´ ต่าง ๆ

ระดับความเป็นพิษ	ความเป็นพิษ	ปริมาณช่วงของค่า 'LD 50' (มก./กก.)	ปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคนน้ำหนัก 70 กก.
1	ต่ำมาก	มากกว่า-15,000	มากกว่า 1 กก.
2	ต่ำ	5,000-15,000	350 ก. - 1 กก.
3	ปานกลาง	1,000-5,000	35 ก. - 350 กก.
4	สูง	300-1,000	3.5 - 35 กก.
5	สูงมาก	50-300	0.35 - 3.5 กก.
6	สูงมากเป็นพิเศษ	ต่ำกว่า 50	น้อยกว่า 0.35 กก.

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีในน้ำทิ้งด้วยวิธีต่าง ๆ

Dye Type	Solubility	Coagulation Alum	Activated Carbon	Biological	Physicochemical Biological	Ozone	Sludge Adsorption
Acid	☺	X	☺	X	☺	☺	X
Basic	☺	X	☺☺	☺	☺	☺	☺
Direct	☺	-	-	-	☺	-	☺
Reactive	☺	X	☺	X	☺	☺☺	X
Vat	X	☺	X	X	☺	☺	-
Sulphur	X	☺	X	X	☺	☺	-
Disperse	X	☺	X	X	☺	☺	X

☺☺ = ให้ผลดีมาก ☺ = ให้ผลดี X = ใช้ไม่ได้

ตารางที่ 4 ค่า `LD 50´ ของสีย้อมสิ่งทอ

ค่า 'LD 50' (มม./กก.)	เปอร์เซนต์ของสีย้อมทั้งหมด
มากกว่า 5,000	82%
2,000 - 5,000	10%
ต่ำกว่า 250	น้อยกว่า 1%

หมายเหตุ โซเดียมไซยาไนด์ ซึ่งถือว่าเป็นสารที่มีพิษร้ายแรงมีค่า 'LD 50' = 15 มก./กก.

3. ความเป็นพิษและมลพิษของสีย้อม

3.1 การจำแนกประเภทของสีย้อม

สีย้อมที่ใช้ในการย้อมสีสิ่งทอมีอยู่หลายประเภท ที่สำคัญมีดังนี้

1) สีย้อมฝ้าย ได้แก่ สีไดเร็คท์ (Direct dyes) สีรีแอคทีฟ (Reactive dyes) สีแว็ต (Vat dyes) สีซัลเฟอร์ (Sulphur dyes)

2) สีย้อมโพลีเอสเตอร์ ได้แก่ สีดีสเพิส (Disperse dyes)

3) สีย้อมไนล่อน ไหม และขนแกะ ได้แก่ สีแอสิด (Acid dyes)

4) สีย้อมอะคริลิค ได้แก่ สีเบสิค

นอกจากสีย้อมประเภทต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในอุตสาหกรรมสิ่งทอยังมีการใช้สีพิกเม้นต์ ซึ่งเป็นสีที่ละลายน้ำไม่ได้ในการพิมพ์ผ้าด้วย สำหรับสีย้อมนั้นส่วนใหญ่จะละลายน้ำได้มีบาง

ประเภทเท่านั้นที่ละลายน้ำไม่ได้ ซึ่งได้แก่ สีดีสเพิส สีซัลเฟอร์ และสีแว็ต สมบัติด้านการละลายน้ำของสีย้อม มีความสำคัญต่อความยากง่ายในการกำจัดจากน้ำทิ้ง โดยถ้าเป็นสีที่ละลายน้ำไม่ได้ การกำจัดโดยวิธีตกตะกอนจะสามารถทำได้โดยง่าย แต่ถ้าเป็นสีที่ละลายน้ำได้ การจะกำจัดให้หมดไปเป็นเรื่องที่ทำได้ค่อนข้างยาก สีแต่ละประเภทจึงมีวิธีการกำจัดที่แตกต่างกัน (ดูตารางที่ 3)

3.2 ความเป็นพิษของสีย้อม

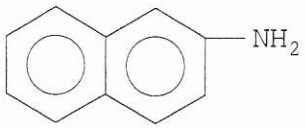
โดยทั่วไป สีย้อมเป็นสารที่ได้ว่ามีความเป็นพิษต่ำ จากประวัติที่มีการเก็บรวบรวมในต่างประเทศ ไม่พบว่าผู้ที่ทำงานในโรงงานฟอกย้อมพิมพ์มีอัตราการตายหรือการเจ็บป่วยสูงกว่าบุคคลในอาชีพอื่นแต่อย่างใด สีย้อมอาจเข้าสู่ร่างกายของผู้ใช้ได้ 3 ทางคือ โดยทางจมูก ด้วยการสูดดมสีที่ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ โดยการสัมผัสทางผิวหนัง และโดยการปะปนเข้าไปกับอาหารการกิน ความเป็นพิษของสีย้อมหากรับประทานเข้าไปจะเห็นได้จากค่า 'LD 50' ที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 5 ตัวอย่างค่าความเป็นพิษของสีย้อมต่อปลา (Fish toxicity)

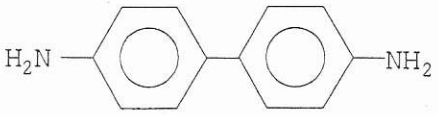
LC 50 (มก./ลิตร)	เปอร์เซนต์ของสีย้อมทั้งหมด
น้อยกว่า 1	2%
1-10	1%
10-100	27%
100-500	31%
มากกว่า 500	38%

จากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่า สีย้อมโดยทั่วไปมีความเป็นพิษต่ำ แต่ก็เป็นที่ทราบกันดีว่าสารวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์สีย้อม มีจำนวนไม่น้อยที่มีความเป็นพิษสูงมาก และมีหลายตัวเป็นสารที่ได้รับ การพิสูจน์แล้วว่าเป็นสารคาร์สิโนเจน ตัวอย่างเช่น

2 - แนฟธิลเอมีล (2-naphthylamine)



และเบนซิดีน (benzidine)



ผลจากการค้นพบทำให้มีการห้ามผลิตสีย้อมที่ต้องใช้สารวัตถุดิบดังกล่าวแล้วในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศในยุโรปและประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3 มลพิษของสีย้อม

สำหรับผลกระทบของสีย้อมต่อสิ่งแวดล้อมหรือสมบัติด้านมลพิษของสีย้อมนั้นพบว่า สีย้อมเป็นสารที่ยากต่อสลายตัวทางชีวภาพ แต่ความเป็นพิษต่อปลาค่อนข้างต่ำ ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 5 ข้างล่างนี้

อย่างไรก็ดี ปัญหาสำคัญของสีย้อมในน้ำทิ้งปัจจุบัน ไม่ได้อยู่ที่ความเป็นพิษของสีย้อม แต่อยู่ที่สีของน้ำทิ้ง เนื่องจากสีย้อมเป็นสารที่มี สีเข้ม ดังนั้นแม้มีอยู่ในน้ำเพียงปริมาณเล็กน้อย ก็ทำให้น้ำมีสีเป็นที่รังเกียจของผู้พบเห็น จึงทำให้โรงงานมีความจำเป็นต้องกำจัดสีจากน้ำทิ้ง แม้ว่าสีนั้นจะมีความเป็นพิษต่ำก็ตาม

4. ความเป็นพิษและมลพิษของสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

4.1 การจำแนกประเภท

สารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีมากมายหลายชนิด และมีความหลากหลายยิ่งกว่าสีย้อม เนื่องจากการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีกระบวนการผลิตมากมายหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนก็ต้องอาศัยสารเคมีชนิดต่างๆ แตกต่างกันไป ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ตารางที่ 6 แสดงสารเคมีที่ใช้กระบวนการต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

กระบวนการ	สารเคมีที่ใช้
1 การถักผ้า	สารหล่อลื่น
2 การทอผ้า	สารลงแป้งชนิดต่างๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งพีวีเอ แป้งอะคริลิก
3 การลอกแป้ง	สารเอ็นไซม์ สารออกซิไดซิง สารช่วยการเปียก
4 การขจัดไขมัน	ด่างโซดาไฟ สารน้ำสบู่และสิ่งสกปรก
5 การฟอกขาว	สารออกซิไดซิง (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โซเดียมคลอไรท์ โซเดียมไฮโปคลอไรท์) โซเดียมซิลิเกต สารจับอนุมูลโลหะ
6 การชุบมัน	ด่างโซดาไฟ
7 การทำ 'burn out'	กรดซัลฟูริก
8 การย้อม	กรด (ซัลฟูริก แอซิติก) ด่าง (โซดาไฟ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต) สารแคริเออร์ สารรีดิวซิง (โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ โซเดียมซัลฟายต์) เกลือ (โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต) สารชะลอการติดของสี (retarders) สารกันด่าง (levelling agents)
9 การพิมพ์	แป้งพิมพ์ (thickening agents) ได้แก่ พวกอัลจิเนต สารรีดิวซิง (ใช้ในการพิมพ์แบบดีสชาร์จ) ได้แก่ โซเดียมฟอร์มัลดีไฮด์ซัลฟอกซีเลท น้ำมันก๊าด (ใช้ในการพิมพ์สีพิกเม้นต์)
10 การตกแต่งสำเร็จ	สารตกแต่งนุ่ม สารกันยับ สารกันไฟ สารตกแต่งขาว (Fluorescent brightening agent) เป็นต้น

ตารางที่ 7 การจัดกลุ่มสารเคมีตามระดับ 'BOD' และความสามารถในการสลายตัวทางชีวภาพ

การจัดกลุ่ม	ตัวอย่างสาร
1. กลุ่มที่เป็นอันตรายน้อย	กรด ด่าง เกลือ สารออกซิไดซิง
2. กลุ่มที่มีค่า 'BOD' ปานกลางถึงสูง แต่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย	แป้งธรรมชาติ ขี้ผึ้ง ไขมัน สารน้ำสบู่ประเภท 'linear alkyl anionic' และ 'short-chain EO adducts' กรด อินทรีย์ (ฟอร์มิคแอซิติค ออกซาลิค สารรีดิวซิง)
3. กลุ่มที่มีค่า 'BOD' ปานกลาง แต่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก	แป้งพีวีเอ แป้งซีเอ็มซี สารหล่อลื่น สารน้ำสบู่ สารตกแต่งนุ่ม
4. กลุ่มที่มีค่า 'BOD' น้อยมาก แต่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ	สารกันยับ ตัวทำละลาย สารแคริเออร์ EDTA เกลือของโลหะหนัก

4.2 ความเป็นพิษของสาร

สารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ส่วนใหญ่จะมีความเป็นพิษต่ำ แต่ก็มีอยู่บ้างที่มีความเป็นพิษสูง ซึ่งต้องระมัดระวังในการใช้งาน ตัวอย่างสารที่มีความเป็นพิษสูง ได้แก่พวกสารแคริเออร์ที่ใช้ในการย้อมโพลีเอสเตอร์ กรดแก่ เช่น กรดซัลฟูริก และด่างแก่ เช่น โซดาไฟ เป็นต้น

4.3 มลพิษของสาร

สำหรับผลกระทบของสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอต่อสิ่งแวดล้อม ในกรณีที่ปะปนมาในน้ำทิ้งนั้น ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสารเคมีแต่ละชนิด ตารางที่ 7 แสดงการจัดกลุ่มสารเคมีตามระดับค่า 'BOD' และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ

---

* อาจารย์วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตีพิมพ์ครั้งแรกใน Colorway ปีที่ 6 (มีนาคม - เมษายน 2539) ของสมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอไทย