Research and Development Journal
Volume 25 Issue 2 April-June 2014

Received 4 January 2013 Accepted 28 April 2014

DETERMINING OF WASTEWATER COLOR CHARACTERISTICS USING MUNSELL COLOR SYSTEM : A CASE STUDY OF DYEING FACTORY

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage

The Engineering Institute of Thailand
under H.M. The King's Patronage

การกำหนดลักษณะของสีน้ำทิ้งโดยใช้ระบบค่าสีมันเซลล์ : กรณีศึกษาโรงงานย้อมผ้า

DETERMINING OF WASTEWATER COLOR CHARACTERISTICS USING MUNSELL COLOR SYSTEM : A CASE STUDY OF DYEING FACTORY

ทิวาวรรณ คงคาศรี และจิตรา รู้กิจการพานิช
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์. 0-2218-6814-6 โทรสาร 0-2251-3969, 0-2218-6813
E-mail: fieckp@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าสีน้ำทิ้งที่ "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ" โดยใช้ระบบค่าสีมันเซลล์ (Munsell Color System) ในงานวิจัยนี้ใช้กรณีศึกษาจากโรงงานย้อมผ้า 1 แห่ง วิธีการดำเนินงานวิจัยได้เริ่มต้นจากการนำตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้ามาหาค่าสีมันเซลล์พร้อมทั้งสอบถามถึงการยอมรับได้จากประชาชนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งนั้น ต่อมานำน้ำทิ้งดังกล่าวไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่อัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อไล่ระดับหาค่าสีมันเซลล์ของสีน้ำทิ้งที่ประชาชนยอมรับได้ว่า "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ" รวมทั้งทำการวัดค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า ค่าสีมันเซลล์ของน้ำทิ้งที่เป็นกรณีศึกษานี้เป็นสีเหลือง (Y) ค่าที่ยอมรับได้ของสีน้ำทิ้งว่า "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ" จะมีค่าน้ำหนักของสีไปทางสีขาว (V = 9) และมีค่าความอิ่มตัวของสีต่ำ ($C \leq 4$)

คำสำคัญ: สีของน้ำทิ้ง, ความพึงรังเกียจ, การประเมิน

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the color characteristics of the wastewater as "not objectionability" using the Muncell Color System. The wastewater came from drainage of a dyeing factory. The research procedures started at a visual comparison of the wastewater color with the Muncell Color System including laboratory wastewater measurement. People who lived near wastewater drainage area were interviewed about the level of objectionability color. The next step, the wastewater was diluted by distilled water at various ratio for finding the level of "not objectionability". The results showed that the wastewater from this dye factory was yellow (Y), the color was accepted as "not objectionability" if its value was white (V = 9), and the choma was low ($C \leq 4$).

KEYWORDS: wastewater color, objectionability, evaluation

Tiwawan Khongkhasri and Jittra Rukijkanpanich
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Phayathai Road, Pitman, Bangkok 10330

1. บทนำ

ในการประเมินคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมว่ามีปัญหาต่อชุมชนหรือไม่ มักพิจารณาจากดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งต่าง ๆ ตามกฎหมาย เช่น ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD), ค่าซีโอดี(Chemical Oxygen Demand, COD), ค่าความขุ่น(Turbidity)ฯลฯ ซึ่งค่าเหล่านี้จะเป็นค่าที่แสดงทางห้องปฏิบัติการและมีเครื่องมือตรวจวัด ทำให้มีความน่าเชื่อถือ ในขณะที่มีดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งอีกตัวที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับความรู้สึกของประชาชนในชุมชนใกล้แหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งนั้น คือ สีน้ำทิ้งต้อง “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” ยังไม่มีการกำหนดลักษณะและไม่มีวิธีการตรวจวัดที่ชัดเจน จึงไม่ได้รับการนำมาพิจารณาทั้งที่มีการระบุในกฎหมาย โดยสีน้ำทิ้งดังกล่าวอาจส่งผลต่อวิถีชีวิตของประชาชนในการใช้น้ำบริเวณแหล่งน้ำนั้นในการอุปโภคหรือบริโภคได้

การพิจารณาว่าสีน้ำทิ้งนั้นพึงรังเกียจหรือไม่พึงรังเกียจเป็นการใช้ความรู้สึก ดังนั้นจึงมักถูกละเลยหรือข้ามไปแต่ได้มีงานวิจัยในต่างประเทศ[1-4] ที่ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำระบบค่าสีมันเซลล์ (Munsell Color System) มาประเมินด้านความรู้สึกและให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือได้ ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการยอมรับได้ของประชาชนต่อน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ จึงได้พยายามหาค่าสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” กับระบบค่าสีมันเซลล์เพื่อสามารถขยายผลสร้างเป็นเกณฑ์หรือมาตรฐานต่อไป กรณีศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าที่จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 1 แห่ง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องในเรื่องสีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม[5-6] ได้แก่ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งทั้ง 2 ฉบับได้กำหนดว่า สีน้ำทิ้งนั้นต้อง “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” แต่ไม่มีการกำหนดว่าค่าของสีน้ำทิ้งที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจมีลักษณะเป็นอย่างไร

2.2 ลักษณะของสีน้ำ

โดยทั่วไปการหาลักษณะของสีน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ[7-8]

1) สีจริง (True color) เป็นสีที่มองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้น้ำขุ่นออกไปซึ่งเป็นสีที่เกิดจากสารที่ละลายในน้ำ

2) สีปรากฏ (Apparent color) เป็นสีที่มองเห็นจริงในน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยออกไป เป็นสีที่เกิดจากสารที่ละลายน้ำและที่ไม่ละลายในน้ำรวมกัน

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการหาค่าสีจากสีปรากฏ เพราะต้องการศึกษาสีน้ำทิ้งในสภาพแวดล้อมจริง

2.3 การวัดสีด้วยวิธีการเปรียบเทียบทางสายตา (Visual Comparison Method)

วิธีการเปรียบเทียบทางสายตาที่เป็นวิธีการมาตรฐานโดยหน่วยงาน APHA (American Public Health Association)[9] เป็นการนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐานหรือสีของสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่า[10] เช่น การเปรียบเทียบกับสารละลายแพลทตินัมโคบอลต์ (Platinum-Cobalt) แต่ในงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำทิ้งกับระบบค่าสีมันเซลล์ เพราะมีสีในการเปรียบเทียบที่ครอบคลุมมากกว่าการเปรียบเทียบกับสารละลายแพลทตินัมโคบอลต์

ในการบอกค่าสีน้ำทิ้งด้วยวิธีการเปรียบเทียบทางสายตากับแถบสีมาตรฐานนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของสี 3 ประการ ได้แก่ 1) ฮิว (Hue), 2) ความสว่างของแสงสี (Lightness หรือ Value) และ 3) ความอิ่มตัวของสี (Color Saturation หรือ Choma) โดยอธิบายได้ดังนี้[11]

1) ฮิว คือ แถบแสงสีในสเปคตรัม (Spectrum) เช่น แถบแสงสีแดง แถบแสงสีส้ม แถบแสงสีเหลือง

2) ความสว่างของแสงสี คือปริมาณแสงสะท้อนออกจากแถบแสงสี ทำให้เกิดความรู้สึกว่ามีแสงผ่านเข้าตามากหรือน้อยมักแสดงด้วยค่าน้ำหนักสี

3) ความอิ่มตัวของสี คือ สีที่ไม่มีสีขาวปนอยู่เลย เช่น สีแดง สีน้ำเงิน เขียว ส่วนสีที่มีสีขาวปนมากเท่าใด ความอิ่มตัวก็ยิ่งน้อย

ลงเท่านั้น เรียกว่า สีไม่อิ่มตัว เช่น สีชมพู สีฟ้า สีเทา เป็นต้น

2.4 ระบบค่าสีมันเซลล์ (Munsell Color System)[12]

เป็นระบบค่าสีที่ได้รับการยอมรับและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ผู้คิดค้นคือ อัลเบิร์ต เฮนรี่ มันเซลล์ (Albert Henry Munsell) เป็นจิตรกรชาวอเมริกัน คิดค้นได้เมื่อปี ค.ศ. 1898 ซึ่งระบบดังกล่าวได้ใช้ความสัมพันธ์ของลักษณะสมบัติ 3 ประการของสีดังกล่าวมาแล้วข้างต้น รายละเอียดอธิบายได้ดังนี้

1) ค่าฮิว หมายถึง ค่าที่ระบุว่าเป็นสีใดสีหนึ่ง และมีความแตกต่างจากสีอื่น เช่น สีแดง สีเขียว สีเหลือง

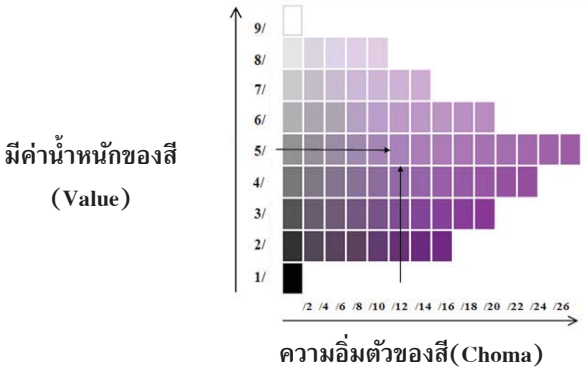
2) ค่าน้ำหนักของสี หมายถึง ค่าน้ำหนักของ สีดำ สีเทาหรือสีกลาง (Neutral) สีขาว ค่าน้ำหนักนี้เริ่มจาก 1 ถึง 9 โดย 1 หมายถึงสีดำและ 9 หมายถึงสีขาว และระหว่างสีดำกับสีขาวเป็นสีเทาซึ่งมีน้ำหนักของสีต่าง ๆ

3) ค่าความอิ่มตัวของสีจะเริ่มมีค่าตั้งแต่ 0 โดย 0 หมายถึง ความอิ่มตัวของสีต่ำและยิ่งมีค่าความอิ่มตัวของสีที่มากขึ้นจะทำให้มีความอิ่มตัวของสีสูง

ระบบค่าสีมันเซลล์ ได้กำหนดสัญลักษณ์ หรืออักษรและตัวเลขกำกับสีแต่ละสีที่ถูกผสมตามทฤษฎีสี ของมันเซลล์ ดังนี้
H V/C หรือ H V:C

โดยที่ H หมายถึง ค่าฮิว
V หมายถึง ค่าน้ำหนักของสี
C หมายถึง ค่าความอิ่มตัวของสี

เช่น ถ้าระบุสี 5RP5/12 แปลค่าตามสัญลักษณ์ก็คือ H = 5RP หมายความว่า เป็นสีม่วงแดง (Red-Purple) V = 5/ หมายความว่า มีค่าน้ำหนักเป็นสีเทาในตำแหน่งที่ 5 และ C = 12 หมายความว่า มีค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 12 โดยตำแหน่งที่ระบุแสดงตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพจำลองการแสดงค่าสี 5RP5/12 ตามระบบค่าสีมันเซลล์

ผลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาเรื่องการยอมรับสีน้ำในแหล่งน้ำ[3-4] พบว่า สีน้ำปรากฏในทะเลสาบ Hamilton และ Waihola มีค่าสี 7.5Y, แม่น้ำ Inangahua มีค่าสี 6.25Y และทะเลสาบ Ruataniwha มีค่าสี 10BG และจะเห็นได้ว่าค่าสีที่ยอมรับได้มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ทำการคัดเลือกโรงงานย้อมผ้าที่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะและมีชุมชนที่ให้ความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นสีของน้ำทิ้งได้

2) ทำการออกแบบและวางแผนการทดลองในการเก็บข้อมูล 7 วัน โดยมีตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) ได้แก่ ค่าสี ค่าความขุ่น ค่าบีโอดี และ ค่าซีโอดี เพื่อดูร่องรอยความสัมพันธ์กับสีน้ำทิ้ง

3) นำตัวอย่างน้ำทิ้งจากปลายท่อน้ำทิ้งของโรงงานสู่แหล่งน้ำสาธารณะมาใส่ในขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 1,000 มล. ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์วิธีการเก็บน้ำของประกาศกรมควบคุมมลพิษ[13] แล้วนำมาเปรียบเทียบกับระบบค่าสีมันเซลล์ พร้อมทั้งทำการสอบถามความคิดเห็นของประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นจำนวน 319 คนจากทั้งหมด 1,600 คน (สุ่มตัวอย่างด้วยตาราง Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%[14])

4) ทำการเจือจางน้ำทิ้งด้วยน้ำกลั่นที่อัตราส่วนต่าง ๆ แล้วนำไปสอบถามความคิดเห็นของประชาชนจนกระทั่งได้จุดเริ่มต้นที่ยอมรับได้ว่าสีน้ำนั้น “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ”โดยใช้หลักการเดียวกันกับการหาค่าความเข้มกลิ่น (odour concentration) คือ ค่าแสดงสภาพกลิ่นซึ่งเป็นอัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างอากาศที่มีกลิ่นด้วยอากาศบริสุทธิ์จนเกือบจะไม่สามารถรับกลิ่นได้ โดยทำการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม[15] ในงานวิจัยนี้มีการใช้น้ำทิ้งปริมาตร 750 มล. มาทำการเจือจางในขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 250 มล. ในอัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่นเป็น 4:1, 3:2, 2:3 และ 1:4 พร้อมทั้งหาค่าสีน้ำทิ้งเจือจางด้วยการเปรียบเทียบกับระบบค่าสีมันเซลล์

5) เก็บข้อมูลซ้ำตามข้อ 3) ถึง 4) เป็นเวลา 7 วัน ในแต่ละวันอาจจะมีสีของน้ำทิ้งที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นกับการผลิตของโรงงาน

6) ทำการอภิปรายและสรุปผลลักษณะของสีน้ำทิ้งที่ยอมรับได้ของประชาชนในบริเวณนั้น

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1) ความคิดเห็นของประชาชนส่วนใหญ่ พบว่า น้อยกว่าร้อยละ 5 ในชุมชนใกล้แหล่งน้ำที่มีต่อตัวอย่างสีน้ำทิ้งทั้ง 7 วัน (เก็บช่วงเวลากลางวัน) ยอมรับว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ในตารางที่ 1 พบว่า ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างสีน้ำทิ้งจะมีสีเหลืองผสมในทุกตัวอย่างน้ำทิ้งที่เก็บมา เช่น วันที่ 1 คือ 5YR5/6 หมายความว่า เป็นสีเหลืองแดง(Yellow-Red) มีค่าน้ำหนักเป็นสีเทาในตำแหน่งที่ 5 และค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 6 เมื่อพิจารณาถึงค่าสีน้ำทิ้งใน 7 วัน พบว่า ส่วนใหญ่แล้วค่าสีจะเริ่มต้นที่ 5Y ขึ้นไปและเป็นค่าสีที่ไม่ยอมรับว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” ยกเว้นตัวอย่างน้ำทิ้งในวันที่ 3 ที่มีค่าสีมันเซลล์ คือ 2.5GY5/6 หมายความว่า เป็นสีเขียวเหลือง (Green-Yellow) มีค่าน้ำหนักเป็นสีเทาในตำแหน่งที่ 5 และค่าความอิ่มตัวของสีในตำแหน่งที่ 6 ทั้งนี้ก็ยังเป็นค่าสีที่ไม่ยอมรับว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” เช่นกัน

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีน้ำทิ้งค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งและการยอมรับได้ของประชาชน(เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556)

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	ร้อยละของประชาชนที่ยอมรับว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ"	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการ			
			ค่าสี (ADMI)	ค่าความขุ่น (NTU)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าซีโอดี (mg/l)
1	0	5YR5/6	220	8	14	168
2	1.57	7.5Y5/6	250	14	52	130
3	4.7	2.5GY5/6	169	17	27	103
4	4.39	5Y6/6	163	7	5	121
5	4.08	5Y5/6	182	6	5	127
6	3.45	7.5Y6/8	177	8	5	105
7	3.43	7.5Y6/6	194	10	24	122

นอกจากนี้ จากตารางที่ 1 ได้แสดงค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งทางห้องปฏิบัติการของตัวอย่างน้ำทิ้งทั้ง 7 วัน พบว่า จะมีค่าสีอยู่ในช่วง 163-250 ADMI ค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 6-17 NTU ค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 5-52 mg/l และค่าซีโอดีจะอยู่ในช่วง 103-168 mg/l ซึ่งจากค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งดังกล่าวนั้นไม่พบความสัมพันธ์กับค่าสีมันเซลล์อย่างชัดเจน แต่พบว่า ค่าสีที่มากขึ้นส่งผลให้ร้อยละของประชาชนที่ยอมรับสีน้ำทิ้งที่ "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ" ลดลง แสดงให้เห็นว่าค่าสีอาจจะมีความสัมพันธ์กับการยอมรับของสีน้ำทิ้งและเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าสีกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งอื่น ๆ พบว่า ค่าสีของสีน้ำทิ้งจะสัมพันธ์กับค่าซีโอดี (R=0.797) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ค่าสีและค่าซีโอดีอาจจะมีความสัมพันธ์กับการยอมรับสีน้ำทิ้งที่ "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ" อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยจากโรงงานหรือแหล่งน้ำอื่น ๆ จะได้ความสัมพันธ์ในลักษณะเช่นเดียวกัน

2) จากการเจือจางน้ำทิ้ง พบว่า ที่อัตราส่วน 1:4 จะมีการยอมรับของประชาชนส่วนใหญ่ร้อยละ 97 ขึ้นไปที่อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำทิ้งนั้น ว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ" และเมื่อเทียบกับค่าสีมันเซลล์ได้เป็นดังนี้ 5YR9/2, 7.5Y9/4, 2.5Y9/4, 5Y9/2, 7.5Y9/4 และ7.5Y9/4 ดังแสดงในตางรางที่ 2 ซึ่งพบว่า ค่าน้ำหนักของสีจะเป็นสีขาวในตำแหน่งที่ 9 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของค่าน้ำหนักสีในขณะที่ค่าความอิ่มตัวของสีจะอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ถึง 4 ซึ่งจะมีค่าความอิ่มตัวต่ำ

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการสอบถามเพิ่มเติมถึงสีน้ำทิ้งที่ไม่ยอมรับของประชาชนส่วนใหญ่ที่อาศัยในบริเวณแหล่งน้ำที่ปล่อยน้ำทิ้ง พบว่า ร้อยละ 67.40 (215 คน) ไม่ยอมรับสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือ สีดำ 15.67 (50 คน) และสีขาว 14.11 (45 คน)

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจความคิดเห็นของตัวอย่างสีน้ำทิ้งเจือจางกับค่าสีมันเซลล์

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น (น้ำทิ้งเจือจาง)			
	4:1	3:2	2:3	1:4
1	5YR6/6	5YR7/6	5YR7/4	5YR9/2
	0	0	1.57	98.43

หมายเหตุ : หมายถึง ร้อยละของประชาชนที่ยอมรับว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ "ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ"

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจความคิดเห็นของตัวอย่างสีน้ำทิ้งเจือจางกับค่าสีมันเซลล์ (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง	ค่าสีมันเซลล์ของตัวอย่างน้ำทิ้ง อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่น (น้ำทิ้งเจือจาง)			
	4:1	3:2	2:3	1:4
2	7.5Y6/6 0	7.5Y7/6 0	7.5Y8/6 0.63	7.5Y9/4 99.37
3	2.5GY6/6 0	2.5GY7/6 0.63	2.5GY8/4 1.88	2.5GY9/4 97.49
4	5Y7/6 0	5Y8/6 0	5Y8/4 2.51	5Y9/2 97.49
5	5Y6/6 0	5Y7/6 0	5Y8/6 1.88	5Y9/2 98.12
6	7.5Y7/8 0	7.5Y8/8 0	7.5Y8/6 1.57	7.5Y9/4 98.43
7	7.5Y7/6 0	7.5Y8/6 0	7.5Y8/4 2.82	7.5Y9/4 97.18

หมายเหตุ : หมายถึง ร้อยละของประชาชนที่ยอมรับว่าเป็นสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ”

5. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้ามีเพียง

ร้อยละ 5 ที่ยอมรับสีน้ำทิ้งนั้นโดยสีน้ำทิ้งดังกล่าว จะมีลักษณะของสีน้ำทิ้งเป็นสีเหลือง มีค่าน้ำหนักของสีเป็นสีเทา ($V \geq 5$ ขึ้นไป) และมีค่าความอิ่มตัวของสีสูง ($C \geq 6$ ขึ้นไป) ซึ่งลักษณะของสีน้ำทิ้งดังกล่าวจะมีสีเหลือง (Y)

2) ประชาชนกลุ่มเดิมร้อยละ 97 ขึ้นไปยอมรับสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” ที่มีค่าสีมันเซลล์สำหรับค่าฮิวที่มีสีเหลืองและมีค่าน้ำหนักของสีไปทางสีขาว ($V = 9$) กับมีค่าความอิ่มตัวของสีต่ำ ($C \leq 4$)

ในงานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยไปใช้เป็นต้นแบบเพื่อขยายผลไปสู่การกำหนดเกณฑ์หรือมาตรฐานของลักษณะสีน้ำทิ้งที่ “ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” มีดังต่อไปนี้

1) ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป ควรเพิ่มความละเอียดของอัตราส่วนของน้ำทิ้งต่อน้ำกลั่นให้อยู่ระหว่าง 2:3 กับ 1:4 เช่น อัตราส่วน 3:7 เพื่อสามารถไล่ระดับหาจุดเริ่มต้นของการยอมรับได้ละเอียดขึ้น ซึ่งจะนำไปเป็นเกณฑ์ในการกำหนดลักษณะของสีน้ำทิ้งได้อย่างชัดเจน

2) การศึกษาครั้งนี้ มีข้อจำกัดในด้านปริมาณน้ำทิ้งและการทำซ้ำ ดังนั้นหากหน่วยงานราชการหรือผู้ที่สนใจจะนำไปพัฒนาต่อควรมีการทำซ้ำและพิจารณาถึงประเภทของอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีการปล่อยน้ำทิ้งด้วย

3) ควรมีการศึกษาอย่างละเอียดถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของสีน้ำทิ้งกับดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งอื่น ๆ เช่น ค่าสีและค่าซีโอดี เป็นต้น

ทั้งนี้ การยอมรับสีน้ำทิ้งที่มีค่าสีมันเซลล์จากงานวิจัยนี้ใช้ได้เฉพาะกรณีศึกษาโรงงานฟอกย้อมผ้านี้เท่านั้นและการยอมรับสีน้ำทิ้งเป็นการประเมินทางทัศนคติ ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันตามแหล่งที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจจะส่งผลให้มีการยอมรับสีน้ำทิ้งที่“ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ” แตกต่างกันไปตามแหล่งน้ำนั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก "ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย" กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Robert J. Davies-Colley, David G. Smith, David J. Speed, and John W. Nagels, "Matching Natural Water Colors To Munsell Standards" Journal Of The American Water Resources Association, Vol. 33, No.6, December. 1997, pp. 1351 – 1361.

[2] David G. Smith , Glenys F. Croker & Kay McFarlane, "Human perception of water appearance" New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, Vol. 29, 1995, pp. 29 – 43.

[3] Robert J. Davies-Colley & Murray E. Close, "Water colour and clarity of New Zealand rivers under baseflow conditions" New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, Vol. 24, 1990, pp. 357 – 365.

[4] Gary R.W. Denton, H. Rick Wood, Lucrina P. Concepcion And H. Galt Siegrist, "Analysis Of In-Place Contaminants In Marine Sediments From Four Harbor Locations On Guam" Water & Energy Research Institute of the Western Pacific University of Guam, December. 1997, pp. 34.

[5] พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539), "กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน", เล่มที่ 113 ตอนที่ 52 ง, ราชกิจจานุเบกษา, 27 มิถุนายน 2539.

[6] ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539), "กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม", เล่มที่ 113 ตอนที่ 13, ราชกิจจานุเบกษา, 13 กุมภาพันธ์ 2539.

[7] ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, "การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น", กรมโรงงานอุตสาหกรรม, สืบค้นวันที่ 27 พฤศจิกายน 2556, จาก http://www2.diw.go.th/research.pdf

[8] มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, "คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ", บริษัทแซน.อี68แสง กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 3, 2543.

[9] American Public Health Association, "Standard Methods for the Examination of 187 Water and Wastewater", APHA, Washington, DC, 22ed, 2012, pp. 2/5.

[10] Yolanda S., "Measuring color in trade waste" WIOS NSW Engineering & Operator 191 Conference 2, 2008, pp. 15 – 21.

[11] ปรียา อนุพงษ์องอาจ, "เอกสารการสอนออนไลน์", ภาควิชาฟิสิกส์ อุปกรณ์ชีวการแพทย์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต, สืบค้นวันที่ 30 พฤศจิกายน 2556,จาก http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_26.htm

[12] วัฒนาพร เชื่อนสุวรรณ, "เอกสารคำสอนหลักการทัศนศิลป์", สืบค้นวันที่ 30 พฤศจิกายน 2556, จาก http://dusithost.dusit.ac.th/~chawalin_nia/site1/comgraphic/42theory.pdf

[13] ประกาศกรมควบคุมมลพิษ, "วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม", เล่มที่ 113, ตอนที่ 91ง, ราชกิจจานุเบกษา, 12 พฤศจิกายน 2539.

[14] ธานินทร์ ศิลป์จารุ, "การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยSPSS", บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 10, 2552.

[15] กฎกระทรวง, "กำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบกลิ่นในอากาศจากโรงงานพ.ศ. 2548", เล่มที่ 122, ตอนที่ 44 ก, ราชกิจจานุเบกษา, 3 มิถุนายน 2548.