การผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่าง ของกระดาษ ชนิด Fluorescence

To produce standard fluorescence reference paper for calibration of brightness tester

ภูวดี ตู้จินดา[1]*

บทคัดย่อ

ค่าความขาวสว่าง (Brightness) มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษเป็นอย่างมากเพราะ เป็นค่าที่ใช้อ้างอิงในกระบวนการฟอกเยื่อและเป็นสิ่งที่มองเห็นได้ด้วยสายตา เครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษ มีความจำเป็นจะต้องได้รับการสอบเทียบให้ถูกต้องแม่นยำอยู่เสมอ โดยใช้กระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษ ซึ่งหนึ่งชุดประกอบด้วยกระดาษอ้างอิงมาตรฐาน 4 ชนิดคือ Fluorescence, ความขาวสว่าง 90, 70 และ 60 เพื่อให้สามารถสอบเทียบได้ครอบคลุมทุก Parameter

บทความนี้กล่าวถึงการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานชนิด Fluorescence ซึ่งใช้วิธีการผลิตตามข้อกำหนดของ ISO TC 6 (Paper, board and pulps) และ Optical Properties Authorized Laboratories (OPALs) ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO TC6 กระดาษอ้างอิงมาตรฐานชนิด Fluorescence ที่ผลิตได้นั้นถูกส่งไปตรวจสอบคุณภาพกับ Technidyne Laboratory Services (TLS) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นหนึ่งใน OPALs ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552 เป็นประจำทุกเดือนจนถึงปัจจุบัน ด้วยการเปรียบเทียบค่า 2 ค่าคือ ค่าความขาวสว่าง (C brightness) และค่าความขาว (D65 Whiteness) ตลอดระยะเวลาที่ทาง Technidyne Laboratory Services ตรวจสอบคุณภาพของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานชนิด Fluorescence ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการผลิตได้นั้น พบว่าคุณภาพโดยเฉลี่ยของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ทาง Technidyne Laboratory Services วัดค่าความขาวสว่าง (C brightness) ของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานที่ส่งไปไม่แตกต่างเกิน 0.15 โดยเฉลี่ยและค่าความขาว (D65 Whiteness) ไม่แตกต่างเกิน 0.3 โดยเฉลี่ย นอกจากนั้นกระดาษอ้างอิงมาตรฐานชนิด Fluorescence ที่ผลิตได้นั้นยังถูกส่งให้ห้องปฏิบัติการของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษในประเทศไทยจำนวน 13 แห่งทดลองใช้ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2553 เป็นประจำทุกเดือนด้วย

[1] กรมวิทยาศาสตร์บริการ

* E-mail address: poovadee@gmail.com

Abstract

In pulp and paper industries, optical properties are extremely important, especially brightness. This is because brightness is used as the reference value in bleaching process and also it is what people see. In order to measure brightness of pulp and paper accurately, the brightness tester must be regularly calibrated. One set of reference papers for calibration of brightness tester consists of four types of paper, which are fluorescence, brightness 90, brightness 70 and brightness 60 to calibrate all parameters in a brightness tester.

In this article, the method of how to produce standard fluorescence reference paper for calibration of brightness tester according to ISO TC 6 (Paper, board and pulps) and OPALs (Optical Properties Authorized Laboratories) is described. The standard fluorescence reference paper for calibration of brightness tester obtained were sent to Technidyne Laboratory Services (TLS), USA, one of the OPALs, to perform quality assurance every month since October 2009 to present. Two values issued, which were C brightness and D65 Whiteness were verified. It was found that the average quality of the standard fluorescence reference paper for calibration of brightness tester obtained was satisfied as the average difference in C brightness measured was less than 0.15 and the average difference in D65 Whiteness measured was less than 0.3. Moreover, the standard fluorescence reference paper for calibration of brightness tester obtained was also distributed to thirteen pulp and paper laboratories in Thailand as free trial every month since February 2010 to present.

คำสำคัญ : กระดาษอ้างอิงมาตรฐาน , ความขาวสว่าง

Keywords : Standard reference paper , Brightness , ISO , Optical Properties Authorized Laboratories (OPALs)

1. บทนำ (Introduction)

คนทั่วไปอาจมีความเห็นพ้องตรงกันได้ในหลายเรื่อง แต่เรื่องหนึ่งซึ่งแต่ละคนมีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดก็คือสิ่งที่สายตาของแต่ละคนมองเห็น และแม้แต่คนเดียวกันก็อาจเปลี่ยนความคิดเห็นได้ตลอดเวลา

การมองเห็นเกิดขึ้นเมื่อมีแสงจากวัตถุตกกระทบกระจกตา ส่งต่อแสงไปยังม่านตา โฟกัสที่เลนส์ตาและ จอตาทำหน้าที่รับภาพนั้น ในจอตามีเซลล์รับแสง 2 ชนิดคือ เซลล์รูปแท่ง (rod cell) ซึ่งไวต่อการรับแสงสว่าง แต่ไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ เซลล์อีกประเภทหนึ่งคือเซลล์รูปกรวย (cone cell) แยกความแตกต่างของสีได้ แสงสว่างและสีถูกส่งต่อไปยังประสาทสมองเพื่อแปลงออกมาเป็นสิ่งที่มองเห็น

เมื่อคนหนึ่งคนมองตัวอย่างกระดาษสองแผ่นเพื่อเปรียบเทียบกัน ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพิจารณามีหลายข้อ เช่น

1. แสง - แสงที่มีคลื่นความยาวต่างกัน ส่งผลกระทบต่อสีที่มองเห็น
2. อายุ – เลนส์ตาของผู้ที่มีอายุมากจะเสื่อมสภาพมากกว่าผู้ที่มีอายุน้อย เลนส์ตาของผู้มีอายุมากอาจเกิดความเสื่อมและกรองแสงสีฟ้าออกไป ทำให้คนอายุมากและอายุน้อยมองเห็นสีได้ต่างกัน
3. สภาพแวดล้อม – สีเดียวกันอาจเห็นว่าเข้มหรืออ่อนต่างกันเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น สีเทามองดูอ่อนกว่าความเป็นจริงเมื่อเปรียบเทียบกับสีดำ แต่ดูเข้มกว่าความเป็นจริงเมื่อเปรียบเทียบกับสีขาวดังเช่น Color Optical Illusion โดย Edward Andelson ในรูปที่ 1 พื้นที่ A และ B เป็นสีเดียวกัน

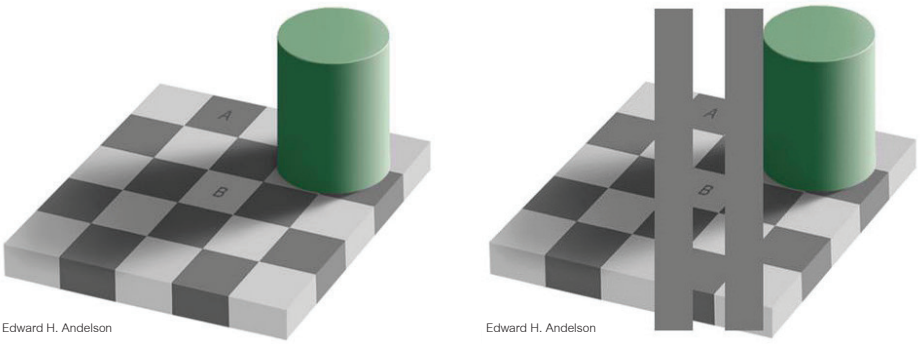

Figure 1 Color Optical Illusion by Edward Andelson
(Pictures are from http://www.geckoandfly.com/1081/color-optical-illusion/)

4. ขนาดของสิ่งที่มองเห็น – ขนาดส่งผลกระทบต่อสี
5. ระยะเวลาในการมองเห็น – การมองสิ่งเดียวกันเป็นระยะเวลานาน ทำให้สายตาอ่อนล้าและส่งผลกระทบต่อภาพที่มองเห็น

ดังนั้นในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ซึ่งให้ความสำคัญกับคุณสมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ (Optical Properties or Paper Optic) เป็นอย่างมาก เพราะเป็นสิ่งที่ผู้ผลิต ลูกค้า หรือผู้ใช้มองเห็น จึงจำเป็นต้องมีมาตรฐานในการวัดคุณสมบัติทางทัศนศาสตร์หรือการมองเห็นให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน

1.1 แหล่งกำเนิดแสงและชนิดของแสง

แสงเป็นทั้งอนุภาคและคลื่น มีความเร็ว 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที ถ้าถือเป็นอนุภาคเรียกว่าอนุภาคโฟตอน ถ้าถือเป็นคลื่นเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ดังเช่นที่แสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3

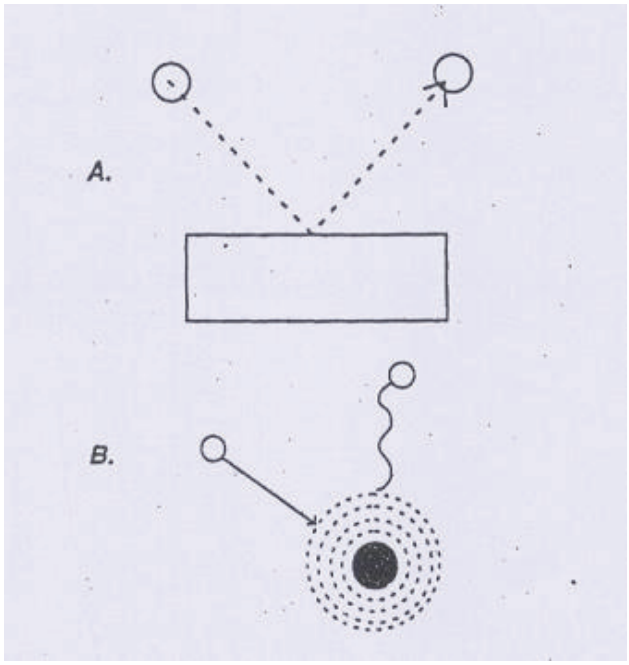

Figure 2 : Light as a photon particle

A. A photon particle behaves like a ball; the angle at which the particle is incident on the surface equals the angle at which it is reflected.

B. A photon particle collides with optical brightening agents and a boost in the blue reflectance is obtained.

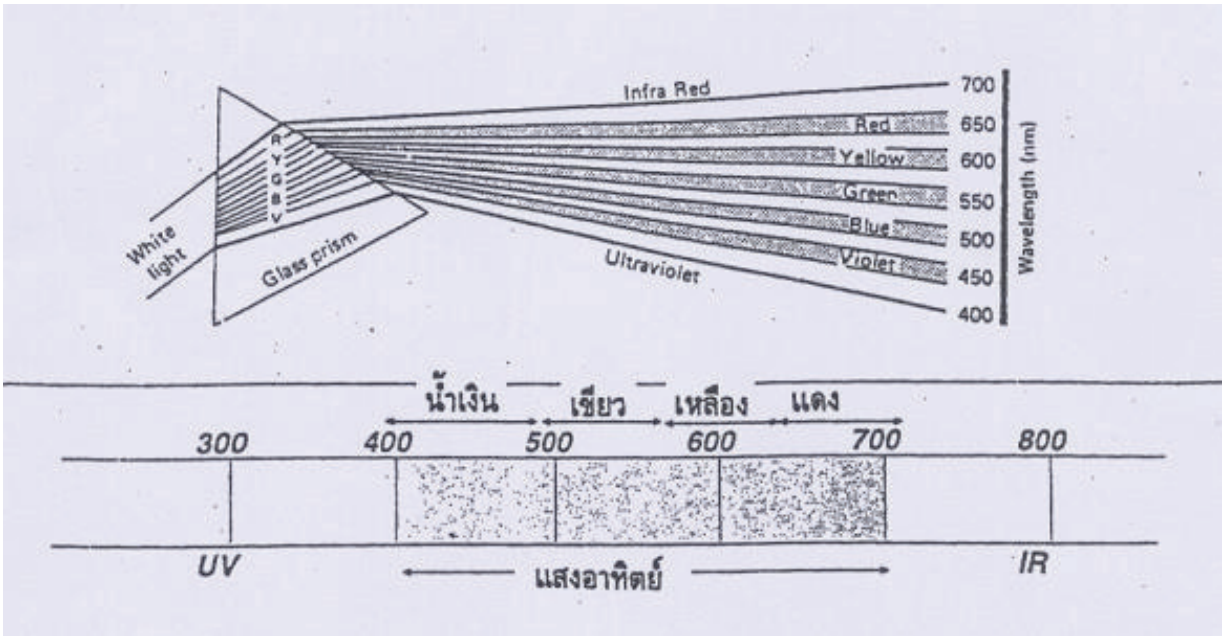

Figure 3 Visible light corresponds to a wavelength range of 400 - 700 nanometers, which is a wavelength of sunlight.

ช่วงความยาวของคลื่นสีต่างๆ แสดงในตารางที่ 1

Table 1 Wavelength of different colors of light.

สี	ความยาวคลื่น นาโนเมตร (nm)
ม่วง	400 – 500
น้ำเงิน	450 – 500
เขียว	500 – 570
เหลือง	570 – 590
ส้ม	590 – 610
แดง	610 - 700

แสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร เรียกว่า แสงอุลตราไวโอเล็ต หรือรังสีเหนือม่วง แสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร เรียกว่า แสงอินฟราเรด หรือ ไออาร์ (IR)

เมื่อมีลำแสงตกกระทบแผ่นกระดาษจะเกิดสัมพันธ์กิริยา (Interaction) ระหว่างแสงกับกระดาษ เป็นปรากฏการณ์ 5 แบบตามรูปที่ 4 ดังนี้

1. การสะท้อนแสงโดยตรง
   เมื่อมีลำแสงตกกระทบแผ่นกระดาษ แสงส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับเสมือนว่าพื้นผิวกระดาษเป็นกระจกเงา ความมันของกระดาษเกิดจากการสะท้อนแสง แต่ความมันวาวเป็นการสะท้อนแสงเชิงมุม โดยมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ และมีการกำหนดมุมตกกระทบว่าเป็นกี่องศาด้วย
2. การสะท้อนแสงแบบแพร่กระจาย
   เมื่อลำแสงส่วนหนึ่งผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษ และตกกระทบพื้นผิวที่เกิดจากฟิวเลอร์(เม็ดผลึกหินปูน) เส้นใยเยื่อและอากาศประกอบกัน การสะท้อนแสงนี้จะไม่เป็นเส้นตรงหรือเชิงมุมแต่จะเป็นแบบแพร่กระจาย (Diffuse) อัตราส่วนของพลังงานแสงที่สะท้อนกลับออกมาจากเนื้อกระดาษกับพลังงานที่แสงตกกระทบคือ การสะท้อนแสง
3. การส่องผ่านของแสง
   ลำแสงบางส่วนจะวิ่งทะลุผ่านแผ่นกระดาษ อัตราส่วนของพลังงานแสงที่ส่องทะลุกระดาษกับพลังงานที่ตกกระทบเรียกว่า การส่องผ่านของแสง
4. การดูดกลืนของแสง
   ลำแสงบางส่วนที่วิ่งเข้าไปในเนื้อกระดาษจะถูกดูดกลืนไว้ แล้วแปรสภาพเป็นความร้อน การดูดกลืนนี้อาจจะเกิดจำเพาะกับแสงช่วงคลื่นช่วงใดช่วงหนึ่งมากกว่าช่วงอื่น เพราะพลังงานแสงที่สะท้อนกลับออกมาจากการแพร่กระจายของแสงอาจจะไม่เท่ากับพลังงานของลำแสงที่ตกกระทบ การที่กระดาษดูดกลืนแสงช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่งไว้แล้วปล่อยช่วงคลื่นอื่นออกมาทำให้เราเห็นกระดาษเป็นสีใดสีหนึ่งได้
5. การกระจายแสง
   เมื่อลำแสงตกกระทบแผ่นกระดาษ แสงส่วนหนึ่งจะสะท้อนออกไป แต่แสงบางส่วนจะวิ่งเข้าไปภายในเนื้อกระดาษซึ่งไปกระทบกับเส้นใยเยื่อ และเกิดการหักเหของแสงได้ เพราะเส้นใยเยื่อมีดัชนีหักเห 1.53 ซึ่งมากกว่าอากาศที่มีดัชนีหักเห 1.0 การที่แสงวิ่งอยู่ภายในเนื้อกระดาษซึ่งเป็นเส้นใย และช่องว่างแสงจะวิ่งหักเหไปมาทั่วทุกทิศทาง จนดูเหมือนว่าแสงมีการกระจายหรือกระเจิง

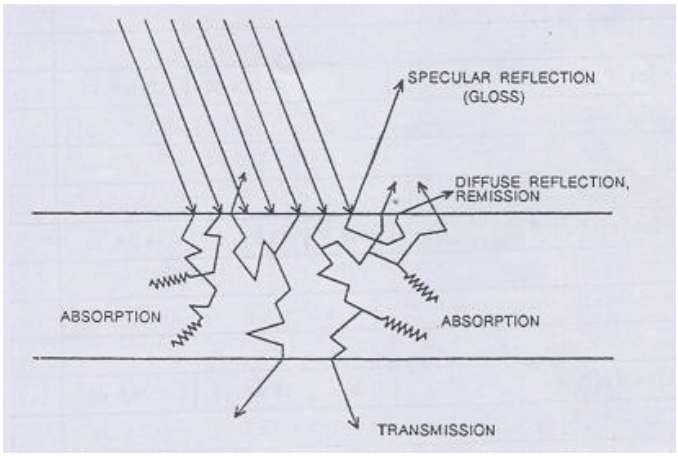

Figure 4 Behaviour of light striking paper.

คุณสมบัติทางทัศนศาสตร์ของกระดาษเกี่ยวข้องกับเรื่องต่อไปนี้

i. ความขาวสว่าง (Brightness)
ii. ความขาว (Whiteness)
iii. ความทึบแสง (Opacity)
iv. ความมัน (Gloss)

เมื่อมีลำแสงส่องมาตกกระทบแผ่นกระดาษ ส่วนหนึ่งของแสงจะสะท้อน หักเห ผ่านทะลุ และถูกดูดกลืนไว้ในเนื้อกระดาษ ในการวัดคุณสมบัติด้านแสงของกระดาษจะวัดจากแสงที่แพร่กระจาย (Diffusion) แล้วสะท้อนหรือทะลุผ่านเนื้อกระดาษ สิ่งที่ตามองเห็นก็คือ คุณสมบัติด้านแสงของกระดาษนั่นเอง

การที่จะวัดค่าคุณสมบัติด้านแสงของกระดาษขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. แหล่งกำเนิดแสงและชนิดของแสง
2. กระดาษที่จะวัดค่า
3. เครื่องมือวัดผลที่แสงกระทำต่อแผ่นกระดาษ และแปลผลออกมาเป็นตัวเลข

1.2 ความสำคัญของการวัดค่าความขาวสว่างในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

ในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ค่าความขาวสว่างเกิดจากการวัดค่าการสะท้อนของแสงสีน้ำเงินเมื่อกระทบบนผิวกระดาษ ดังแสดงในรูปที่ 5

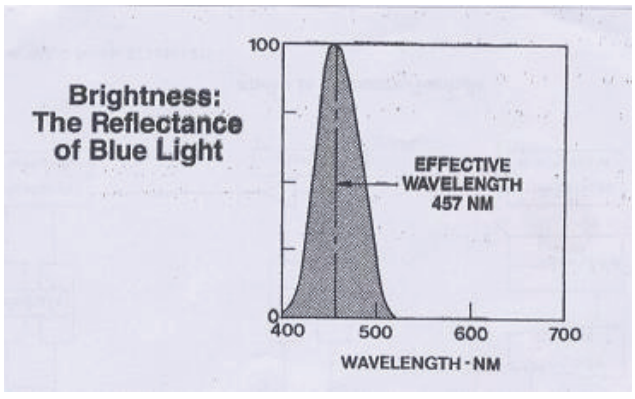

Figure 5 The amount of the reflectance of blue lights.

ความขาวสว่างนั้น ไม่ใช่การวัดแสงสีน้ำเงินที่ช่วงความยาวคลื่นใดก็ได้ แต่เป็นแสงสีน้ำเงินที่ช่วงความยาวคลื่นจำเพาะตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน TAPPI T452 และมาตรฐาน ISO 2469 ทั้งสองมาตรฐานนั้นกำหนดการวัดค่าสะท้อนแสงไว้ที่ 457 นาโนเมตร ตามที่แสดงในรูปที่ 6

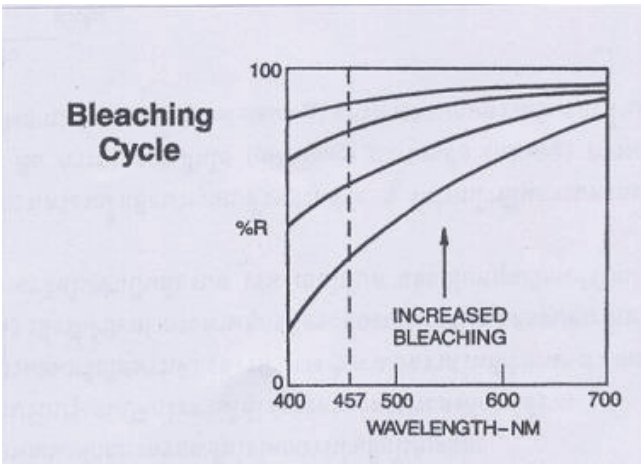

Figure 6 The change which occur in the spectrophometric curve for pulp throughout the bleaching cycle.

รูปที่ 6 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสีตลอดการฟอกเยื่อ ซึ่งเห็นได้ชัดว่า ในช่วงความยาวคลื่นสั้น (น้ำเงิน – เขียว) มีความเปลี่ยนแปลงของสีสูง ส่วนในช่วงความยาวคลื่นยาว (แดง) มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาความขาวสว่างจึงควรเลือกวัดที่ความยาวคลื่นในช่วงแสงสีน้ำเงิน

การวัดความขาวสว่างในอุตสาหกรรมกระดาษนั้น จะต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ 3 ข้อคือ

1. อ่านได้ค่าเดียวกัน
2. สัมพันธ์กับที่สายตามองเห็น
3. ตรงกับมาตรฐานทางอุตสาหกรรม

ซึ่งเป็นไปได้ยาก เพราะเครื่องมือสอบเทียบความขาวสว่างของกระดาษมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดหลายอย่าง เช่น โฟโต้เซลไฟ และ ฟิลเลอร์ ทำให้การสอบเทียบเป็นไปได้ยาก และมีค่าใช้จ่ายสูง

กระดาษอ้างอิงมาตรฐานที่สมบูรณ์จะต้องมีคุณสมบัติทางทัศนศาสตร์ดังต่อไปนี้

- เรียบ
- มีสีขาว
- มีความทึบแสง
- มีความเป็นเนื้อเดียวกัน
- ไม่มันวาว
- ไม่ขึ้นกับทิศทาง
- มีความเสถียร

อย่างไรก็ตาม ไม่มีวัสดุใดในอุตสาหกรรมกระดาษมีคุณสมบัติอันเป็นอุดมคติดังนี้ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมี Geometry, Photometry และ Spectral response ใกล้เคียงกัน

Geometry

ในการวัดความขาวสว่าง ปัจจัยด้าน Geometry ที่ใช้กันทั่วไป แสดงอยู่ในรูปที่ 7

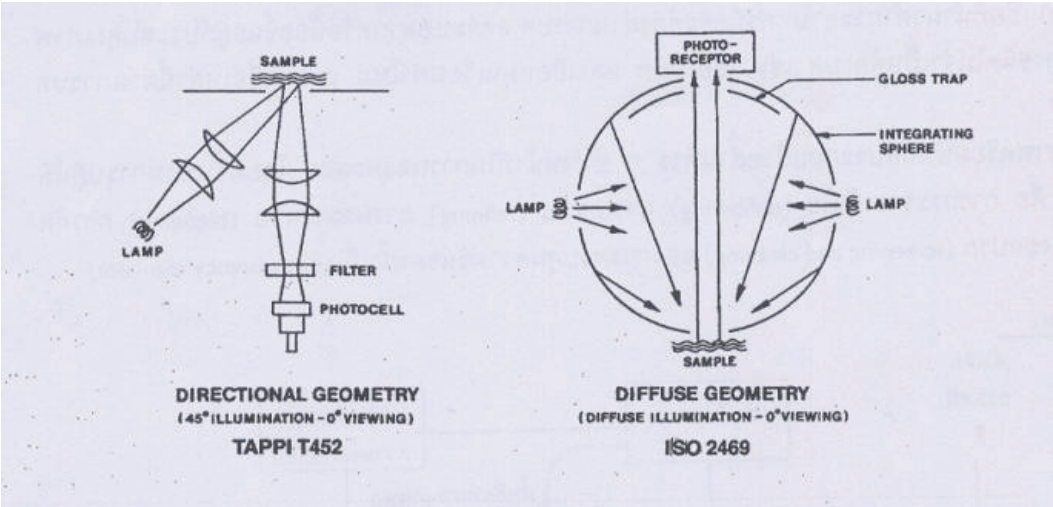

Figure 7 Examples of different geometry employed in pulp and paper brightness testers.

ซึ่งมีรายละเอียดใน TAPPI T452 และยังมีตัวแปรสำคัญอื่นๆ อีกเช่น พื้นที่ มุม และอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับทิศทาง ดังนั้นถ้ากระดาษถูกวัดโดยใช้เครื่องมือต่างกัน ผลที่ได้รับก็จะต่างกัน นอกจากนี้ปัจจัยนี้ยังขึ้นอยู่กับความเป็นเนื้อเดียวกันด้วย การวัดความขาวสว่างจึงต้องมีการวัดค่านี้หลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่เชื่อถือได้

Photometry

ปัจจัย Photometry สามารถอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงของเครื่องมือที่มีปฏิกิริยากับแสง ซึ่งแสดงในรูปที่ 8

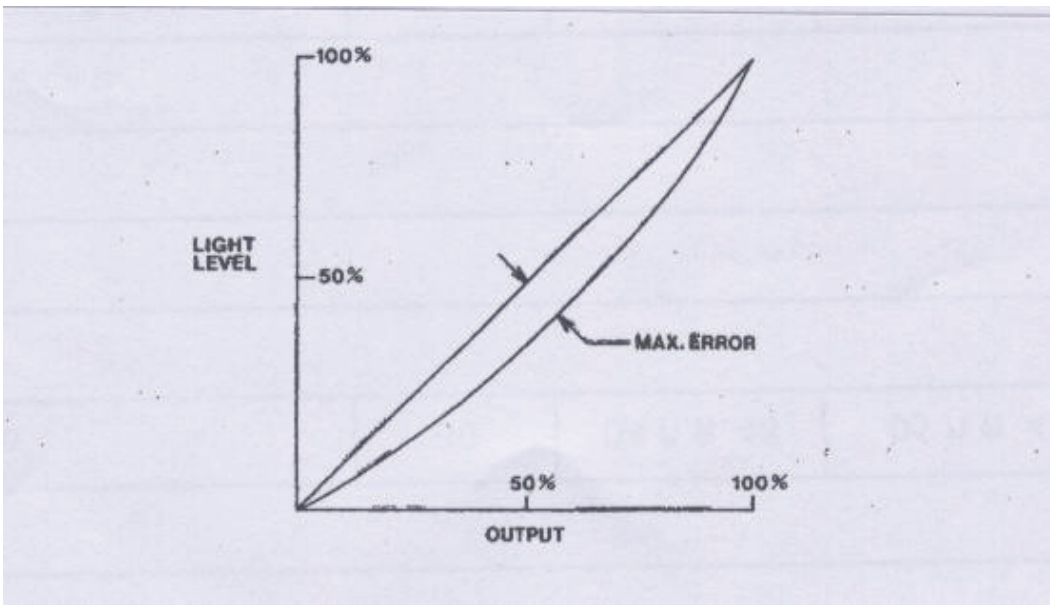

Figure 8 Photometric linearity.

Spectral response

องค์ประกอบสำคัญของเครื่องมือสี่อย่างที่มีผลกระทบต่อ Spectral response ในการวัดความขาวสว่างแสดงได้ดังรูปที่ 9

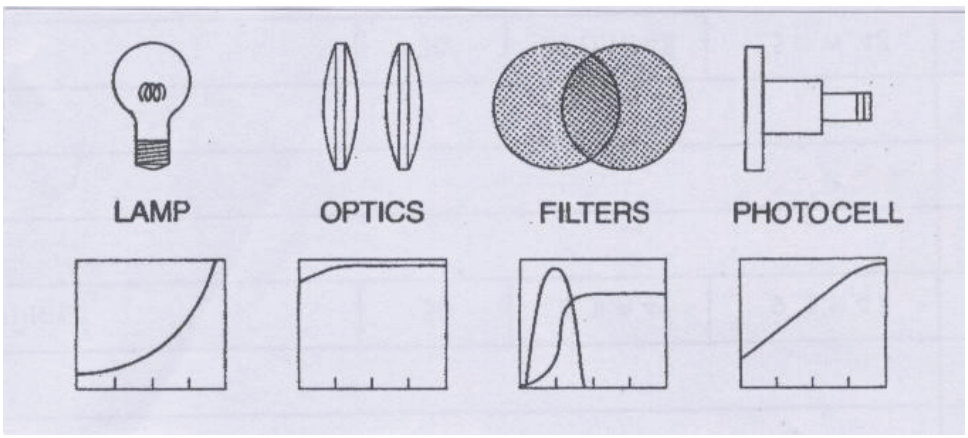

Figure 9 Elements affecting spectral response in measuring brightness.

ดังนั้นการเลือกเครื่องมือแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญ และส่วนประกอบต่างๆ ควรจะเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดเอาไว้ การวัดค่าความขาวสว่างโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะวัดที่

Standard illuminant C ซึ่งเป็นตัวแทนของ daylight หรือแสงกลางวันที่อุณหภูมิสี 6774 องศาเคลวิน

Standard illuminant D_{65} ซึ่งเป็นตัวแทนของ daylight หรือแสดงกลางวันที่อุณหภูมิสี 6504 องศาเคลวิน [1, 7-9]

การวัดความขาวสว่างให้ถูกต้องมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากหากมีความผิดพลาด จะทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างสูง

อุตสาหกรรมกระดาษที่ผลิตกระดาษที่มีค่าความขาวสว่างไม่เป็นไปตามมาตรฐาน สามารถประเมินความสูญเสียได้ดังตารางที่ 2

Table 2 Estimation of economic loss of pulp and paper industries per year in case of incorrect brightness measurement by 2 percent.

ช่วงความขาวสว่าง	ความสูญเสียต่อปี* เมื่อค่าความขาวสว่างผิดพลาดไปร้อยละ 2 (บาท)
70.00	2,006,400
80.00	5,526,400
85.00	12,540,000
90.00	55,246,400

* ตั้งสมมติฐานว่าผลผลิตเยื่อที่ฟอกแล้วเป็น 500 ตันต่อวัน

ดังนั้นค่าความขาวสว่างจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ

1.3 วัสดุมาตรฐานอ้างอิงในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษนั้นมีความพิเศษต่างจากอุตสาหกรรมอื่นๆ ในการจัดการกับมาตรฐานการสอบเทียบและระบบวัสดุมาตรฐานอ้างอิง โดยที่ ISO TC6 (Paper, board and pulps) เป็นผู้ให้การรับรองห้องปฏิบัติการที่สามารถผลิตวัสดุมาตรฐานอ้างอิงเอง

วัสดุมาตรฐานอ้างอิงสำหรับสอบเทียบเครื่องมือนั้นแบ่งออกเป็นสองประเภท

1. วัสดุมาตรฐานอ้างอิงสำหรับการถ่ายทอดค่า (Transfer Standard) ใช้ในการถ่ายทอดค่าจากเครื่องมือหนึ่งไปสู่อีกเครื่องมือหนึ่ง
2. วัสดุมาตรฐานอ้างอิงสำหรับการสอบเทียบ (Working Standard) ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือระหว่างการใช้งาน

ตามหลักการของ ISO 2469 [2] ได้จัดลำดับการสอบเทียบค่ามาตรฐานการวัดเอาไว้ดังนี้

IR1 : The perfect reflecting diffuser (absolute reflectance)
ระดับต้นกำเนิดหรือปฐมภูมิซึ่งเป็นทฤษฎี

IR2 : Standardizing laboratories
ระดับทุติยภูมิ มีอยู่ 2 แห่งคือ National Research Council of Canada (NRC) ประเทศแคนาดา และ PTB ประเทศเยอรมนี

IR3 : Authorized laboratories
ระดับตติยภูมิ หรือ Optical Properties Authorized Laboratories (OPALs)

ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองจาก ISO TC6 ปัจจุบันมี 5 แห่งคือ

- Technidyne Laboratory Services (TLS) ประเทศสหรัฐอเมริกา
- Pulp and Paper Research Institute of Canada (PAPRICAN) ประเทศแคนาดา ปัจจุบันเปลี่ยนรูปแบบองค์กรและเปลี่ยนชื่อเป็น FPInnovations
- Finnish Pulp & Paper Institute (KCL) ประเทศฟินแลนด์
- Swedish Pulp and Paper Research Institute (STFI) ประเทศสวีเดน ปัจจุบันเปลี่ยนรูปแบบองค์กรและเปลี่ยนชื่อเป็น Innventia
- Centre Technique du Papier (CTP) ประเทศฝรั่งเศส

ลำดับการผลิตวัสดุมาตรฐานอ้างอิงแสดงในตารางที่ 3

Table 3 ลำดับการผลิตและการใช้วัสดุมาตรฐานอ้างอิง

ห้องปฏิบัติการ	กิจกรรม	วัสดุมาตรฐานอ้างอิง
ISO Standardizing (NRC และ PTB)	ประมวลค่า IR1 ประเมินค่า IR2 จากค่า IR1	IR2 (Level 2 standard)
ISO Authorized (OPALs : TLS, FPInnovations, KCL, Innventia และ CTP)	ประเมินค่า IR3 จากค่า IR2	IR3 (Level 3 standard)
Testing (ห้องปฏิบัติการทั่วไป)	สอบเทียบเครื่องมือโดยใช้ IR3	

กระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษลำดับ IR3 นั้นประกอบด้วยกระดาษอ้างอิงมาตรฐาน 4 ชนิด คือ

1. Fluorescence
2. ความขาวสว่าง 90
3. ความขาวสว่าง 70
4. ความขาวสว่าง 60

เช่น ชุดกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษของ TLS ในรูปที่ 10

Figure 10 One set of Technidyne Laboratory Services' Paper Tabs (reference paper) consists of one pack of fluorescence paper, one pack of brightness 90 paper, one pack of brightness 70 paper and one pack of brightness 60 paper, and a certification states the issued values.

ทั้งนี้เพื่อให้การสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษครอบคลุม Parameter ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. Geometry ตรวจสอบโดยกระดาษอ้างอิงมาตรฐานที่ความขาวสว่าง 60 ถ้าหากว่าพื้นที่และมุมของเครื่องมือไม่ถูกต้อง ค่าที่ได้จะคลาดเคลื่อนไป
2. Photometric Linearity การใช้กระดาษอ้างอิงมาตรฐานในระยะ 90, 70 และ 60 เพื่อให้แน่ใจว่าค่าความสัมพันธ์ที่ได้เป็นเส้นตรงตลอดระยะการใช้งาน
3. Spectral response กระดาษอ้างอิงมาตรฐานทั้ง 4 ชนิดใช้ในการตรวจการคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่นในเครื่องมือ
4. Fluorescence กระดาษอ้างอิงมาตรฐานชนิด Fluorescence ใช้ในการสอบเทียบระดับของพลังงานอัลตร้าไวโอเล็ตในเครื่องมือ [1-6]

ปัจจุบันนี้แม้ว่าประเทศไทยจะมีเครื่องมือที่ทันสมัยในการวัดค่าความขาวสว่างของกระดาษ แต่ยังคงต้องสั่งซื้อวัสดุมาตรฐานอ้างอิงสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษลำดับ IR3 จากห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO (ISO Authorized laboratories) ในราคาแพง ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษให้มีมาตรฐานเทียบเท่ากับต่างประเทศ เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้กับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษในประเทศไทย รวมทั้งตั้งเป้าหมายเพื่อเป็นห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO เป็นแห่งที่ 6 ของโลก

สำหรับบทความนี้จะกล่าวถึงการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษชนิด Fluorescence

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 วิธีการคัดเลือกกระดาษเพื่อนำมาผลิตเป็นกระดาษอ้างอิงมาตรฐานระดับ Fluorescence

กระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษลำดับ IR3 ชนิด Fluorescence ของห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO ทั้ง 5 แห่งนั้น มีค่า C Brightness หรือค่าความขาวสว่างจาก Illuminant C ประมาณ 100 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับกระดาษถ่ายเอกสารทั่วไป

ความขาวสว่างของกระดาษนั้นเกิดจากปัจจัยในการผลิตหลายอย่าง โดยเฉพาะกรรมวิธีการฟอกเยื่อและการใส่สารเติมแต่งต่างๆ เป็นกระบวนการเฉพาะของแต่ละโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ ปัจจุบันกรรมวิธีการผลิตกระดาษในอุตสาหกรรมนั้นก้าวหน้าไปมาก การผลิตกระดาษให้มีความเรียบ มีสีขาว มีความทึบแสง เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มันวาว และไม่ขึ้นกับทิศทางนั้น ไม่ใช่ปัญหาอีกต่อไป

ตามธรรมชาติของเยื่อและกระดาษนั้น เมื่อถูกแสงเป็นระยะเวลานานจะเกิดการกลับสี (yellowing) ทำให้สีของกระดาษเปลี่ยนแปลงไป สำหรับกระดาษที่จะนำมาผลิตเป็นกระดาษอ้างอิงมาตรฐานนั้น จะต้องมีความเสถียรสูง ไม่เกิดการเปลี่ยนสีเมื่อถูกแสงเป็นระยะเวลานาน

การทดสอบว่ากระดาษนั้นมีความเสถียรมากน้อยเพียงใดนั้น สามารถทดสอบเบื้องต้นได้โดยการนำกระดาษที่ต้องการทดสอบมาทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2469 โดยวัดค่าความขาวสว่างทุก 10 นาทีเป็นระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง โดยที่ระหว่างนั้นตัวอย่างกระดาษอยู่ภายใต้ต้นกำเนิดแสงตลอดเวลา ถ้าตัวอย่างกระดาษมีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐาน ค่าความขาวสว่างจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 0.3

ผู้วิจัยได้นำกระดาษถ่ายเอกสารที่ผลิตในประเทศไทยซึ่งมีค่า C Brightness ประมาณ 100 มาทดสอบด้วยวิธีนี้จำนวน 3 ตราสินค้า ผลการทดสอบถูกแสดงในตารางที่ 4

Table 4 Results of stability testing of printing paper samples that were produced in Thailand.

ระยะเวลา (นาที)	ค่า C Brightness ของ		
	ตราสินค้า A	ตราสินค้า B	ตราสินค้า C
0	100.98	98.36	100.12
10	100.80	98.07	99.92
20	100.62	97.88	99.75
30	100.44	97.60	99.66
40	100.25	97.31	99.45
50	99.92	97.03	99.33
60	99.65	96.80	99.14
ความแตกต่างของค่า ความขาวสว่างในระยะเวลา 60 นาที	1.33	1.56	0.98

จากตารางที่ 4 พบว่า ไม่มีตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารที่ผลิตในประเทศไทยมีความเสถียรพอที่จะใช้ผลิตเป็นกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษเลย

เนื่องจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษมีความพิเศษต่างจากอุตสาหกรรมอื่นๆ ในการจัดการกับมาตรฐานการสอบเทียบและระบบวัสดุมาตรฐานอ้างอิง โดยมีการร่วมมือกันระหว่างห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO ทั้ง 5 แห่ง คือ TLS, FPInnovations, KCL, Innventia และ CTP ในการทดสอบและคัดเลือกกระดาษเพื่อนำมาผลิตเป็นกระดาษอ้างอิงมาตรฐาน ซึ่งนอกจากการทำการทดสอบเบื้องต้นโดยวิธีที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังมีการนำตัวอย่างกระดาษต่างๆ ทั่วโลก ที่มีค่าความขาวสว่างเหมาะสมมาวางไว้ภายใต้แสงไฟนีออนเป็นระยะเวลาหลายเดือนเพื่อตรวจสอบค่าความเสถียรของตัวอย่างกระดาษนั้นๆ จนสามารถคัดเลือกกระดาษที่ใช้ในการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานได้

เพื่อให้การผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษของแต่ละห้องปฏิบัติการมีความคลาดเคลื่อนจากกันน้อยที่สุด ห้องปฏิบัติการทั้ง 5 แห่งจึงใช้กระดาษแบรนด์เดียวกันและล็อตการผลิตเดียวกันในการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐาน ทางผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจาก TLS และได้ใช้กระดาษแบบเดียวกับห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับรองจาก ISO ทั้ง 5 แห่งในการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษชนิด Fluorescence

2.2 วิธีการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษระดับ Fluorescence

2.2.1. การปรับสภาวะของกระดาษ

หลังจากที่สั่งซื้อกระดาษ Fluorescence แบบเดียวกับที่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO ทั้ง 5 แห่งใช้ผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษมาแล้ว กระดาษที่สั่งซื้อมาจะต้องถูกนำมาปรับสภาวะในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 23 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 $\pm$ 2 ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 6 เดือน เพื่อให้กระดาษที่เดินทางมาจากต่างประเทศเป็นระยะเวลานาน ได้คืนสู่สภาวะเสถียร

Figure 11 Pulp and paper subdivision of the Physics and Engineering division of Department of Science Services' Optical laboratory. The temperature is controlled at 23 ± 1°C and the humidity is controlled at 50 ± 2 percent for 24 hours per day.

2.2.2. ตัดกระดาษให้มีขนาดเหมาะสม

นำกระดาษที่ถูกปรับสภาพจนเสถียรแล้วมาตัดให้อยู่ในขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน (ไม่มีการกำหนดขนาดเพียงแต่จะต้องมีพื้นที่สำหรับใช้วัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดไม่ต่ำกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง)และนำมาซ้อนกันอย่างน้อย 10 แผ่นเพื่อให้เกิดความทึบแสง ใช้ที่เย็บกระดาษเย็บกระดาษทั้งปึกติดกัน ให้แน่น

2.2.3. สอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษ

สำหรับห้องปฏิบัติการที่มุ่งเน้นที่จะเป็นห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO นั้นจะต้องมีเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษ 2 เครื่อง โดยที่เครื่องหนึ่งนั้นเป็นเครื่องหลักและอีกเครื่องหนึ่งเป็นเครื่องสำรอง โดยปกติแล้วจะใช้เครื่องหลักในการผลิตและตรวจเช็คคุณภาพกระดาษอ้างอิงมาตรฐานเบื้องต้น และใช้เครื่องสำรองในการตรวจเช็คคุณภาพของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานที่ผลิตได้อีกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่า กระดาษอ้างอิงมาตรฐานได้รับการให้ค่าที่ถูกต้อง เป็นการป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งหากเครื่องหลักเกิดปัญหา ก็สามารถใช้เครื่องสำรองในการผลิตได้เช่นกัน เพราะการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานจะต้องผลิตอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ ไม่สามารถเว้นระยะได้

ห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ของกลุ่มเยื่อและกระดาษ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการใช้เครื่อง Color Touch PC เป็นเครื่องหลักและ Color Touch เป็นเครื่องสำรองดังรูปที่ 12

Figure 12 Brightness testers in Pulp and paper subdivision of the Physics and Engineering division of Department of Science Services' Optical laboratory; Colour Touch PC (left) and Colour Touch (right).

สำหรับ OPALs นั้น การสอบเทียบเครื่องมือจะใช้วัสดุมาตรฐานอ้างอิงลำดับ IR2 (Labsphere) ซึ่งได้รับการสอบเทียบจาก NRC เป็นประจำทุกปี แต่เนื่องจากห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ของกลุ่มเยื่อและกระดาษยังไม่ได้รับการอบรมการใช้วัสดุมาตรฐานอ้างอิงลำดับ IR2 จึงทำการสอบเทียบโดยใช้กระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษลำดับ IR3 ของ TLS เนื่องจาก TLS เป็นหนึ่งใน OPALs ซึ่งมีเพียง 5 แห่งในโลกที่ได้รับการรับรองว่ากระดาษอ้างอิงมาตรฐานที่ผลิตได้ สามารถทวนสอบได้ถึงระดับ IR2 เป็นที่ยอมรับในระดับโลก สามารถใช้อ้างอิงได้ การใช้ IR3 ของ TLS แทนการใช้ IR2 โดยตรงมีข้อเสียคือ ค่า Uncertainty จะใหญ่มากขึ้น แต่เนื่องจาก OPALs มีมติตรงกันว่า ไม่มีการระบุค่า Uncertainty ลงในใบ certification ดังนั้นการใช้ IR3 ของ TLS สอบเทียบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดลองผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานเบื้องต้นจึงเป็นที่ยอมรับได้ในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

การสอบเทียบนั้นทำตามขั้นตอนที่เครื่องมือกำหนด โดยใช้ Black body ควบคู่ไปกับชุดกระดาษอ้างอิงมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด คือ Fluorescence, ความขาวสว่าง 90, 70 และ 60 สำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไปนั้น หลังจากสอบเทียบเครื่องมือขั้นพื้นฐานและทวนสอบแล้ว ค่าความขาวสว่างจะต้องไม่คลาดเคลื่อนเกิน 0.3 ซึ่งการสอบเทียบขั้นพื้นฐานที่ทำตามลำดับที่เครื่องมือกำหนดนั้นเพียงพอ แต่สำหรับห้องปฏิบัติการที่ต้องการใช้เครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษในการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษตามการกำหนดของ ISO TC6 และ OPALs การทวนสอบค่าความขาวสว่าง (C brightness) จะต้องไม่คลาดเคลื่อนเกิน 0.15 และค่าความขาว (D65 Whiteness) ไม่เกิน 0.3 ดังนั้นจะต้องมีการทำการสอบเทียบอย่างแม่นยำ (Accurate Calibration) โดยการปรับเครื่องวัดความขาวสว่างเพิ่มเติมตามวิธีการที่ OPALs กำหนด ซึ่งผู้วิจัยได้รับการอบรมวิธีการสอบเทียบอย่างแม่นยำนี้โดย Mr. Patrick Robertson ผู้เคยเป็นผู้จัดการห้องปฏิบัติการของ TLS และเป็นหนึ่งในคณะกรรมการวิชาการของ OPALs ซึ่งคิดค้นวิธีนี้ขึ้น

2.2.4. การให้ค่ากระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษระดับ Fluorescence

หลังจากที่เครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษได้รับการสอบเทียบอย่างแม่นยำแล้ว จึงสามารถให้ค่าที่ถูกต้องของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษทุกชนิดได้

กระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษชนิด Fluorescence นั้น ผู้ผลิตจะต้องให้ค่า D65 Whiteness และ “ISO” or “C” Brightness ซึ่งกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษชนิด Fluorescence นี้สามารถทวนสอบได้ถึงกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษลำดับ IR3 ของ TLS

ชุดกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษที่กลุ่มเยื่อ และกระดาษโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการผลิตได้แสดงในรูปที่ 13

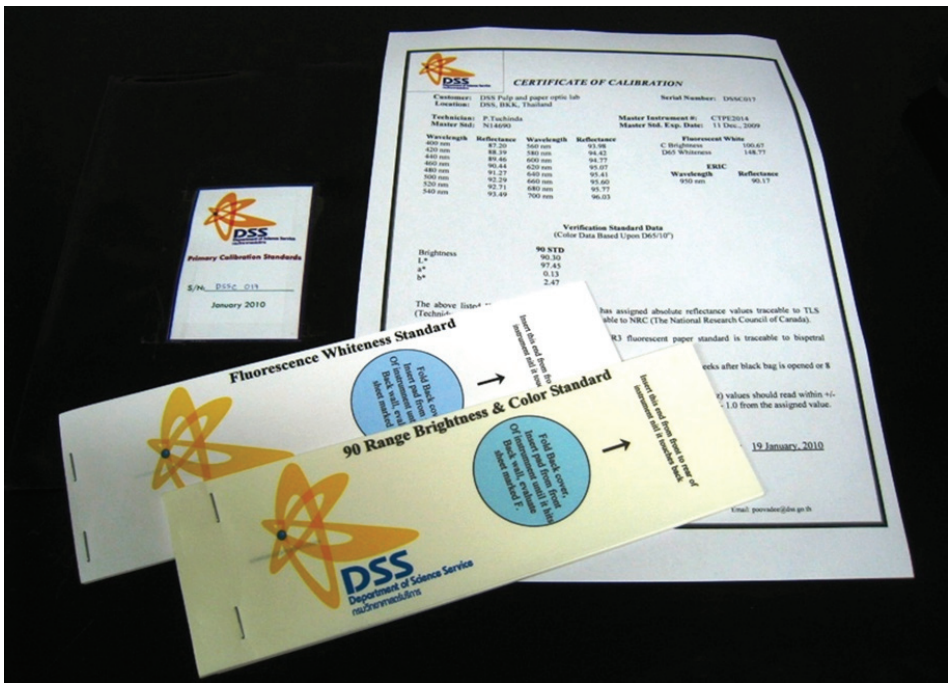

Figure 13 One set of Department of Science Services’ Paper Tabs (reference paper) consists of one pack of fluorescence paper, one pack of brightness 90 paper and a certification states the issued values.

2.2.5. การเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการอ้างอิง

เมื่อผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษชนิด Fluorescence ได้แล้ว ผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์จาก Mr. Patrick Robertson ผู้จัดการของห้องปฏิบัติการของ Technidyne Laboratory Services (TLS) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นหนึ่งใน Optical Properties Authorized Laboratories (OPALs) หรือห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO ในการตรวจสอบคุณภาพ โดยผู้วิจัยได้ส่งกระดาษอ้างอิงมาตรฐานที่ผลิตได้ไปตรวจสอบคุณภาพตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552 เป็นประจำทุกเดือนจนถึงปัจจุบัน ด้วยการเปรียบเทียบค่า 2 ค่าคือ ค่าความขาวสว่าง (C brightness) และค่าความขาว (D65 Whiteness)

ตลอดระยะเวลาที่ทาง Technidyne Laboratory Services ตรวจสอบคุณภาพของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานชนิด Fluorescence ที่กรมฯ ผลิตได้ให้นั้น พบว่า คุณภาพโดยเฉลี่ยของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ทาง Technidyne Laboratory Services วัดค่าความขาวสว่าง (C brightness) ของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานที่ส่งไปไม่แตกต่างเกิน 0.15 และค่าความขาว (D65 Whiteness) ไม่แตกต่างเกิน 0.3

3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

ห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ของกลุ่มเยื่อและกระดาษ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีความสามารถในการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษลำดับ IR3 ได้สองชนิดคือ Fluorescence และความขาวสว่าง 90 ได้ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2552 และได้ส่งเปรียบเทียบผลกับ TLS เป็นประจำทุกเดือนจนถึงปัจจุบัน ซึ่งปรากฏว่ากระดาษอ้างอิงมาตรฐานฯ ทั้งสองชนิดที่กลุ่มเยื่อและกระดาษผลิตได้อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับและนำไปใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือได้ และได้ส่งให้ห้องปฏิบัติการของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษในประเทศไทยทดลองใช้จำนวน 13 แห่ง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2553 เป็นประจำทุกเดือน

ขณะนี้ผู้วิจัยกำลังอยู่ในระหว่างทดลองผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างชนิดความขาวสว่าง 70 และ 60 ซึ่งเมื่อผลิตได้แล้ว ก็จะสามารถใช้สอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษได้ครบทุก parameters

ขั้นตอนต่อไปคือการดำเนินการเพื่อขอรับรองจาก ISO TC6 เพื่อเป็นห้องปฏิบัติการมาตรฐานอ้างอิงที่ได้รับการรับรองจาก ISO เป็นแห่งที่หกของโลกเช่นเดียวกับ OPALs ทั้งห้าแห่ง ซึ่งผู้วิจัยจำเป็นจะต้องได้รับการอบรมการสอบเทียบอย่างแม่นยำด้วยการใช้วัสดุมาตรฐานอ้างอิงลำดับ IR2 เพื่อให้ชุดกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษที่ผลิตได้สามารถทวนสอบได้ถึงลำดับ ISO Level 2 เช่นเดียวกับ OPALs ทั้งห้าแห่ง ซึ่งจะต้องได้รับการอบรมจากหนึ่งในห้าของผู้จัดการของ OPALs โดยตรงจำนวน 3 คอร์ส ใช้เวลาทั้งหมด 2 ปี

เมื่อสามารถสอบเทียบอย่างแม่นยำด้วยการใช้วัสดุมาตรฐานอ้างอิงลำดับ IR2 และผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างได้ทั้ง 4 ชนิดคือ Fluorescence, ความขาวสว่าง 90, 70 และ 60 ซึ่งทวนสอบได้ถึงลำดับ ISO Level 2 เช่นเดียวกับ OPALs ทั้งห้าแห่งแล้ว ก็จะสามารถแสดงความจำนงกับ ISO TC6 เพื่อขอการรับรองเป็นห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO เช่นเดียวกับ OPALs ทั้ง 5 แห่งได้ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะต้องผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษทั้ง 4 ชนิด ส่งให้กับ OPALs ทั้ง 5 แห่งทุกเดือนเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปี เพื่อให้ OPALs ทั้ง 5 แห่งได้ตรวจสอบคุณภาพของกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษที่ผลิตได้ เมื่อ OPALs ทั้ง 5 แห่งเห็นพ้องต้องกันว่า กระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษที่ผลิตได้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ทาง ISO TC6 จะส่งผู้เชี่ยวชาญมาทำการประเมินห้องปฏิบัติการของกลุ่มเยื่อและกระดาษ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ต่อไป

โดยสรุปจากความก้าวหน้า ณ ปัจจุบันนี้ ผู้วิจัยจะต้องใช้เวลาอีกอย่างน้อย 3 ปี โดยที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมวิทยาศาสตร์บริการอย่างเต็มที่และสม่ำเสมอ ห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ของกลุ่มเยื่อและกระดาษ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม จึงจะสามารถเป็น OPALs แห่งที่ 6 ที่ได้รับการรับรองจาก ISO และกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างที่ผลิตได้ ก็จะได้รับการรับรองจาก ISO เป็นวัสดุมาตรฐานอ้างอิงลำดับ IR3 เทียบเท่ากับกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษที่ทาง OPALs ผลิตได้เช่นเดียวกัน

4. **สรุป** (Conclusion)

ห้องปฏิบัติการทางทัศนศาสตร์ของกลุ่มเยื่อและกระดาษ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ สามารถผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษชนิด Fluorescence และความขาวสว่าง 90 ได้ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2552 มีการส่งเปรียบเทียบคุณภาพกับ Technidyne Laboratory Services (TLS) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นหนึ่งใน Optical Properties Authorized Laboratories (OPALs) หรือห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO เป็นประจำทุกเดือน โดยผลการเปรียบเทียบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีการส่งตัวอย่างกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษชนิด Fluorescence และความขาวสว่าง 90 ที่ผลิตได้นี้ให้กับห้องปฏิบัติการของโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษในประเทศไทยจำนวน 13 แห่งเป็นประจำทุกเดือนตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2553 เป็นต้นมา

5. **กิตติกรรมประกาศ** (Acknowledgement)

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อ Dr. Byron Jordan ประธานของ ISO TC6 (Paper, board and pulps) ที่ให้คำแนะนำในการจัดตั้งห้องปฏิบัติการมาตรฐาน เพื่อมุ่งเน้นในการเป็นห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก ISO TC6 และ Mr. Patrick Robertson อดีตผู้จัดการห้องปฏิบัติการของ Technidyne Laboratory Services (TLS) ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ให้การอนุเคราะห์ข้อมูลของกระดาษที่ Optical Properties Authorized Laboratories (OPALs) ใช้ในการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษ และอบรมการสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษอย่างแม่นยำตามวิธีที่ Optical Properties Authorized Laboratories (OPALs) กำหนด และให้คำแนะนำในการผลิตกระดาษอ้างอิงมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความขาวสว่างของกระดาษ

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] **Measurement and control of the optical properties of paper**. Technidyne corporation. Second edition. 1996. USA : Ninth Publication : English. BCMP08019600

[2] [2] International Organization for Standardization. Pulps – Measurement of diffuse blue reflectance factor. ISO 2469 (E), 1994.

[3] International Organization for Standardization. Pulps – Measurement of diffuse blue reflectance factor (ISO brightness). ISO 3699 (E), 1977.

[4] International Organization for Standardization. International calibration of testing apparatus -- Nomination and acceptance of standardizing and authorized laboratories. ISO 4094, 2005.

[5] International Organization for Standardization. International calibration of testing apparatus -- Nomination and acceptance of standardizing and authorized laboratories. ISO 4094, 2005.

[6] Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Brightness of pulp, paper, and paperboard. Tappi 452, 1998.

[7] รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระดาษ. (เอกสารเผยแพร่) กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2539.

[8] สมชาติ รุ่งอินทร์. ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิเคราะห์ทดสอบเยื่อและกระดาษ. (เอกสารเผยแพร่) กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2528

[9] ณรงค์ วุทธเสถียร. เทคโนโลยีการผลิตกระดาษ คุณสมบัติของกระดาษ ภาค 4 คุณสมบัติด้านทัศนศาสตร์. (เอกสารเผยแพร่) บริษัท แอ๊ดวานซ์ อะโกร จำกัด (มหาชน).