สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การปรับปรุงการวัดสีอาหารเหลวชนิดโปร่งใสและโปร่งแสงด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง

Color Measurement of Transparent and Translucent Liquid Food Using Reflection Colorimeter

ผู้วิจัย

นายกิตติชัย บรรจง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2552

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TX
571
.C4
ก6730
ฉบหมู่..... 115551 ก.1
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2554
b.12317452
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทุกคน ทั้งบุคคลากรของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ของคณะอุตสาหกกรรมเกษตร และนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรม สจ.ล. ที่ร่วมปฏิบัติงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จนรายงานสำเร็จเป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ดร.กิตติชัย บรรจง
หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงการวัดสีอาหารเหลวชนิดโปร่งใสและโปร่งแสงด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง

Color Measurement of Transparent and Translucent Liquid Food Using Reflection Colorimeter

แหล่งเงิน งบประมาณ

ประจำปีงบประมาณ 2552 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 228,520 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2551 ถึง 30 กันยายน 2552

ผู้วิจัย หัวหน้าโครงการ

นายกิตติชัย บรรจง

สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจาคุณทหารลาดกระบัง

kbkittic@kmitl.ac.th

คำสำคัญ (Keywords) Transparent food, Colorimeter, Color measurement

บทคัดย่อ

การทดลองวัดสีอาหารเหลวชนิดโปร่งใสด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง (Minolta Colorimeter CR-300,Japan)นี้ ขั้นแรกการหาอิทธิพลของขนาดพื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่มีผลต่อการวัดสี ขนาดพื้นที่หน้าตัดตั้งฉากกับหัววัด 4 ขนาดพบว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล่องอะครีลิคไม่มีผลต่อค่า L, chroma, hue ของของเหลวที่วัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขั้นที่สองหาอิทธิพลของความหนาของอาหารที่บรรจุในภาชนะ โดยคิดเป็นระยะห ่างระหว่างหัววัดกับฉาก 8 ระยะ ระหว่าง 1 ถึง 20 เซนติเมตร โดยใช้ภาชนะที่มีพื้นที่หน้าตัด 10×10 ตารางเซนติเมตร พบว่าภาชนะที่เหมาะสมกับการวัดอาหารเหลวโปร่งใส คือใช้ฉากสีขาวติดด้านตรงข้ามหัววัด โดยวัดค่าสีของอาหารเหลวทั้งสามได้ดีที่ระยะ 1 เซนติเมตร การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่ระยะ 0.2, 0.6 และ 1 เซนติเมตร ของเหลวที่มีความเข้มข้น 5% - 100% พบว่า ที่ระยะ 0.2 เซนติเมตร ให้ค่าสีได้ถูกต้อง จากผลการทดลองนำมาใช้ออกแบบภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่ง ใสเพื่อการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง โดยออกแบบให้มี ระยะการวัด 0.2 เซนติเมตร ฉากที่ใช้เป็น กระเบื้องสีขาวซึ่งมีค่า L = 90.6, Chroma =3.21 และ Hue = 88.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

The color measurement of transparent food was conducted with the reflective colorimeter (Minolta Colorimeter, CR300, Japan). The first section was the study on effect of cross sectional area of the food container. It was found that 4 different cross sectional area didn't affect the color measurement of food. The second section was to determine the thickness of food sample in the container between 1 to 20 cm using 10 x 10 cm cross sectional area. The white screen container with 1-cm thickness gave the reasonable result. The subsequent experiment showed that the best measurement was obtained from 0.2-cm thickness. Hence the container for food color measurement using the reflective colorimeter was designed to hold 0.2-cm thickness of food with a white ceramic screen (L=90.6, Chroma=3.21 and Hue=88.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและวารสารปริทัศน์	2
2.1 การประเมินลักษณะปรากฏจากการมองเห็น	3
2.2 คุณสมบัติทางด้านแสงของตัวอย่าง	4
2.3 เครื่องมือ-อุปกรณ์	9
2.4 การเตรียมตัวอย่าง	10
2.5 ความแตกต่างของ Colorimeter	11
2.6 ปัจจัยที่ทำให้เกิดสี	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	16
3.1 วัตถุดิบ	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 วิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	21
4.1 ศึกษาปัจจัยขนาดของพื้นที่หน้าตัด ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส	21
4.2 ศึกษาปัจจัยสีของฉาก ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส	23
4.3 ศึกษปัจจัยของระยะจากหัววัดจนถึงฉากช่วง 1 – 10 เซนติเมตร ทคาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส	34
4.4 ศึกษาปัจจัยระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉากที่ระยะ0.2-1 เซนติเมตรและความเข้มข้นของน้ำแดงเฮลบลูบอยที่มีผลต่อการวัดสีอาหารเหลวโปร่งใส	53
4.5 การออกแบบภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใส	69
4.6 เปรียบเทียบค่า L,Chroma,Hue ที่ทำการวัดโดยสัมผัสของเหลวโดยตรงกับการวัดผ่านอะคริลิก	69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	74
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ที่ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำ ด้านข้าง มีลักษณะโปร่งใส ที่ขนาดพื้นที่หน้าตัดต่างๆ	21
4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก และสีของฉากต่างๆ	24
4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก และสีของฉากต่างๆ	26
4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก และสีของฉากต่างๆ	28
4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอยเข้มข้น ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	36
4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 80% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	36
4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 60% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	37
4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 40% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	37
4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 20% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	38
4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 10% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	38
4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 5% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	39
4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย เข้มข้น ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 80% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	42
4.14 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 60% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	43
4.15 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 40% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	43
4.16 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 20% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	44
4.17 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 10% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	44
4.18 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 5% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	45
4.19 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน เข้มข้นที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	48
4.20 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ความเข้มข้น 80% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	48
4.21 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ความเข้มข้น 60% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	49
4.22 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ความเข้มข้น 40% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	49
4.23 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ความเข้มข้น 20% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	50
4.24 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ความเข้มข้น 10% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	50
4.25 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ความเข้มข้น 5% ที่ระยะระหว่างหัววัด(1-10 เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.26 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย เข้มข้น ที่ระยะระหว่างหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	54
4.27 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 80% ที่ระยะระหว่างหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	54
4.28 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 60% ที่ระยะระหว่างหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	54
4.29 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 40% ที่ระยะระหว่างหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	55
4.30 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 20% ที่ระยะระหว่างหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	55
4.31 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น 10% ที่ระยะระหว่างหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	55
4.32 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ความเข้มข้น5% ที่ระยะระหว่างหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)กับฉากต่างๆ	56
4.33 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hueของตัวอย่างน้ำเขียวตราเฮลล์ บลูบอยเข้มข้น ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	59
4.34 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์ บลูล์บอย ความเข้มข้น 80 % ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	59
4.35 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์ บลูล์บอย ความเข้มข้น 60 % ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	59
4.36 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์ บลูล์บอย ความเข้มข้น 40 % ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	60
4.37 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์ บลูล์บอย ความเข้มข้น 20 % ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	60
4.38 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์ บลูล์บอย ความเข้มข้น 10 % ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.39 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์ บลูล์บอย ความเข้มข้น 5 % ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	61
4.40 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน เข้มข้น ที่ระยะจากหัววัดถึ(0.2-1เซนติเมตร)งฉากต่างๆ	64
4.41 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 80% ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	64
4.42 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 60% ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	64
4.43 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 40% ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	65
4.44 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 20% ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	65
4.45 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 10% ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	65
4.46 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 5% ที่ระยะจากหัววัด(0.2-1เซนติเมตร)ถึงฉากต่างๆ	66
4.47 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า Chroma และค่า Hue ของน้ำแดง ตราเฮลบลูบอย วัดโดยการวัดผ่านอะคริลิค ระยะ 0.2 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	70
4.48 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า Chroma และค่า Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลบลูบอย วัดโดยการวัดผ่านอะคริลิค ระยะ 0.2 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	70
4.49 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า Chroma และค่า Hue ของน้ำส้ม ตราโกลแพน วัดโดยการวัดผ่านอะคริลิค ระยะ 0.2 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	รูปแสดงมุมที่ตกกระทบและมุมสะท้อนเข้าสู่ตามนุษย์	3
2.2	รูปแสดงมุมของลักษณะการวัดสี	4
2.3	รูปแสดงตัวอย่างวัตถุทึบแสงที่ไม่ใช่โลหะและรูปแบบการสะท้อนแสง	5
2.4	ลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุทึบแสง	5
2.5	รูปแสดงตัวอย่างวัตถุทึบแสงที่เป็นโลหะและรูปแบบการสะท้อนแสง	6
2.6	รูปแสดงตัวอย่างวัตถุโปร่งแสงและรูปแบบการสะท้อนแสง	7
2.7	รูปแสดงตัวอย่างวัตถุโปร่งใสและรูปแบบการสะท้อนแสง	8
2.8	ลักษณะการผ่านทะลุของแสงของวัตถุโปร่งแสงและโปร่งใส	8
2.9	การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ : Hue บรรยายถึงเฉดสี Chroma บรรยายถึงความมันวาวหรือความเข้มของโทนสี	13
2.10	การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE Lab ในรูป 3 มิติ	14
3.1	แสดงลักษณะของกล่องสี่เหลี่ยมที่ออกแบบ	16
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L กับพื้นที่หน้าตัดของน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส	22
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับพื้นที่หน้าตัดของน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส	22
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hue กับพื้นที่หน้าตัดของน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส	23
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 100%	30
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 100%	30
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 100%	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำเขียวเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 100%	31
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่ ๆของน้ำเขียวเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 100%	32
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hueกับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำเขียวเฮลล์บลูบอยที่ระดับความเข้มข้น 100%	32
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ระดับความเข้มข้น 100%	33
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ระดับความเข้มข้น 100%	33
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่สีฉากต่างๆของน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ระดับความเข้มข้น 100%	34
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	40
4.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระห่วางระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ chroma ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	40
4.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระห่วางระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ hueของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	41
4.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระห่วางระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	46
4.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระห่วางระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ chroma ของตัวอย่างน้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	46
4.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระห่วางระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ hue ของตัวอย่าง น้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	47
4.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระห่วางระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ทุกๆความเข้มข้น	52
4.20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระห่วางระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ chroma ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ทุกๆความเข้มข้น	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(1-10 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ทุกๆความเข้มข้น	53
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	57
4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ chroma ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	57
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ hueของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	58
4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	62
4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ chroma ของตัวอย่างน้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	62
4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ hue ของตัวอย่าง น้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น	63
4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ทุกๆความเข้มข้น	67
4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ chroma ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ทุกๆความเข้มข้น	67
4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉาก(0.2-1 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ยของ hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพนด์ที่ทุกๆความเข้มข้น	68
4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดกับฉาก(0.2 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ย L ของตัวอย่าง(น้ำแดง,น้ำเขียวและน้ำส้ม)โดยวัดผ่านอะครีลิก	72
4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดกับฉาก(0.2 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ย chroma ของตัวอย่าง(น้ำแดง,น้ำเขียวและน้ำส้ม)โดยวัดผ่านอะครีลิก	72
4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดกับฉาก(0.2 เซนติเมตร)กับค่าเฉลี่ย hue ของตัวอย่าง(น้ำแดง,น้ำเขียวและน้ำส้ม)โดยวัดผ่านอะครีลิก	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพทางกายภาพหรือการวัดคุณลักษณะของอาหาร มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคุณลักษณะของอาหารนี้เป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกซื้อสินค้า จนกระทั่งทำให้ผู้บริโภค เกิดความประทับใจและยังคงบริโภคสินค้าของเราอยู่เสมอ การตรวจสอบและควบคุมทางกายภาพนี้มีหลายปัจจัยที่ใช้ในการตรวจสอบ เช่น การวดขนาดและรูปร่าง การวัดความหนืด การวัดสีของผลิตภัณฑ์ ฯลฯ ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ต้องทำการควบคุมและตรวจสอบตั้งแต่วัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต จนกระทั่งออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ปัจจัยทางด้านสีนี้สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพความสดใหม่ของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตมานั้น เกิดความสมบรูณ์ของการผลิตหรือไม่ มากน้อยเพียงใด จนกระทั้งขั้นตอนการขนส่งและการเก็บรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสม สีที่มีลักษณะที่ดี ดูแล้วต้องเกิดความรู้สึกน่ารับประทานและมีความสม่ำเสมอในแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้เกิดความเชื่อถือและการยอมรับจากผู้บริโภค ในปัจจุบันการวัดสีในอุตสาหกรรมอาหาร นิยมใช้เครื่องวัดสีที่อาศัยหลักการการสะท้อนแสง (Minolte CR-300,Japan) ซึ่งเครื่องมือนี้นิยมใช้กับอาหารที่เป็นของแข็งและมีลักษณะทึบแสง ส่วนอาหารเหลวนิยมใช้เครื่องมือที่มีความเฉพาะ ซึ่งมีราคาสูง ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบภาชนะบรรจุตัวอย่างของเหลวชนิดโปร่งใสที่ทำให้การสะท้อนแสงของเครื่องเกิดขึ้นได้น้อย เครื่องไม่สามารถตรวจค่าสีได้ถูกต้อง เพื่อนำมากระยุกต์ในการวัดสีด้วยเครื่องแบบสะท้อนแสงนี้ การออกแบบนี้ ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการวัดสี ซึ่งได้แก่ ขนาดพื้นที่หน้าตัด สีของฉากที่ใช้ ระยะจากหัววัดถึงฉากที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นที่หน้าตัด ความหนาของภาชนะ และสีของฉากที่มีผลต่อการวัดสีของอาหารเหลว ปรับปรุงวิธีการวัดสีของอาหารเหลวประเภทโปร่งแสง และ โปร่งใส ด้วยเครื่องวัดสีที่อาศัยหลักการสะท้อนแสง

การวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัยคือ การปรับปรุงการวัดคุณสมบัติทางกายภาพทางสี ซึ่งแสดงด้วยแสงที่สะท้อนออกจากอาหาร ด้วยเครื่องวัดสีแบบวัดแสงสะท้อน การออกแบบภาชนะใส่ตัวอย่างที่เหมาะสม จะทำให้ได้ผลการวัดสีจากวัสดุอาหารเหลวประเภทโปร่งใสและโปร่งแสง ด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสงมีความถูกต้องแม่นยำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในส่วนของโครงการวิจัยจะได้ทราบวิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งแสงและโปร่งใสด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวารสารปริทัศน์

สีเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมอาหาร ผู้บริโภคมักเลือกบริโภคสินค้าโดยสันสินจากลักษณะปรากฏโดยรวมทั้งหมดซึ่งรวมถึงสีของผลิตภัณฑ์ด้วยและสีมักสัมพันธ์กันกลิ่นรสของอาหารด้วยเสมอ ดังนั้นการประเมินและตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าปัจจัยอื่นๆที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสินค้า

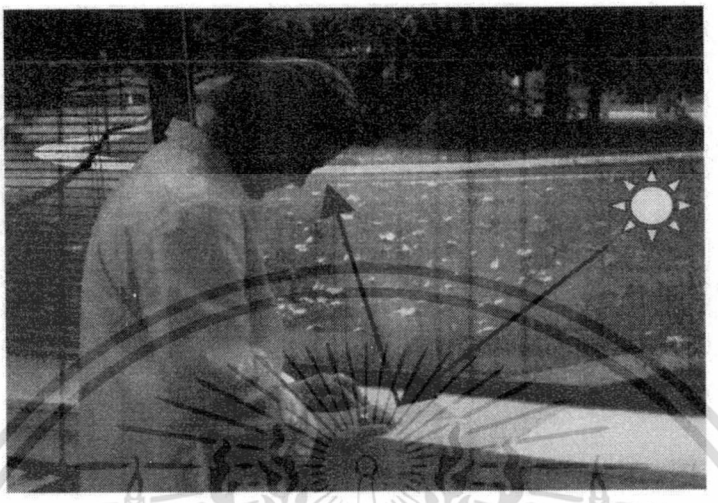
การประเมินคุณลักษณะทางด้านสีของอาหาร

- เพื่อเป็นตัวตัดสินและสนับสนุนผลทางด้านคุณภาพขององค์ประกอบของสีของผลิตภัณฑ์อาหาร
- เพื่อเป็นการกำหนดสีของอาหารในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากผลของการเก็บรักษา ผลจากการผ่านกระบวนการแปรรูป และจากปัจจัยอื่นๆ
- เพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้นในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพระดับสีในส่วนประกบของผลิตภัณฑ์อาหาร
- เป็นการทดสอบทางด้านคุณภาพ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ความสอดคล้องกันตั้งแต่ตัววัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้ายซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุด

การประเมินค่าสีโดยใช้การมองเห็นด้วยสายตาของผู้ตรวจสอบเองนั้นก็สามารถทำได้ แต่มีข้อบกพร่องในเรื่องผลของการประเมินที่แปรปรวนไม่แน่นอน ดังนั้นจึงควรทำให้การประเมินทางด้านสีผลิตภัณฑ์น่าเชื่อถือมากกว่านี้ อาจทำโดยทางควรคุมความแปรปรวนของผลที่วัดได้ นั่นคือควบคุมแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องไปยังตัวผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีมีมาตรฐาน ความเข้มแสงของแหล่งกำเนิด มุมของแหล่งกำนิดแสงที่ใช้ ทิศทางแสงที่พุ่งเข้าสู่ตัวผลิตภัณฑ์ ทิศทางการมอง ระยะระหว่างตัวอย่างจนถึงหัวอ่านที่เป็นเซ็นเซอร์ และตัวผู้สังเกตเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การประเมินลักษณะปรากฏจากการมองเห็น (Hunter Labs, 2000)



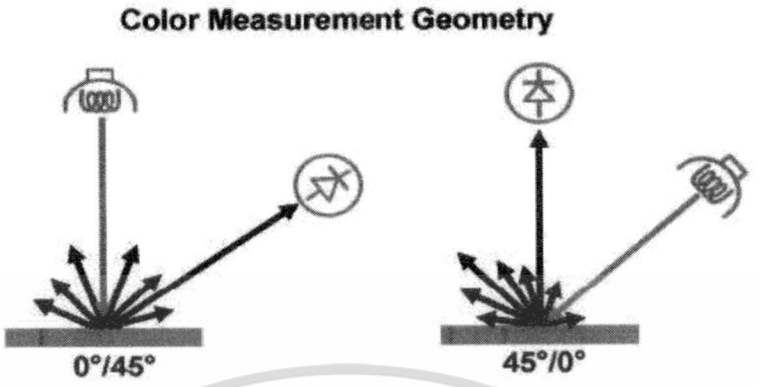
Visual evaluation of color with the light illuminating the sample from a 45° angle and the viewing from directly over the sample.

รูปที่ 2.1 รูปแสดงมุมที่ตกกระทบและมุมการสะท้อนเข้าสู่ตามนุษย์
ที่มา : Hunter Labs (2000)

โดยปกติแล้วคนเราควรทำการประเมินความมันวาวจากการมองเห็นภายนอกในมุมการมองที่เท่าๆกัน คือ มุมที่แสงตกกระทบไปยังผิววัตถุควรเท่ากับมุมที่แสงสะท้อนกลับมา แสงสว่างควรส่องไปยังผิวส่วนบนของวัตถุ และควรทดสอบตัวอย่างจากมุม 45^{0} นอกจากนี้ยังมีข้อแนะนำสำหรับเงื่อนไขการมองเห็นดังต่อไปนี้

- แหล่งกำเนิดแสง : ควรใช้หลอดไฟที่เป็นชนิด daylight , incandescent หรือ cool white fluorescent แต่การเลือกใช้นั้นควรระบุแหล่งของแสงที่ใช้ด้วย
- ความเข้มแสง : 75-175 ft candles
- แสงควรส่องไปยังส่วนบนของวัตถุ โดยทำมุม 0^{0} และมีมุมการมองที่ 45^{0} หรือให้มุมที่ส่องไปอยู่ที่ 45^{0} ส่วนมุมการมองอยู่ที่ 0^{0}
- พื้นหลังที่ใช้เป็นฉาก ควรเป็นสีกลาง คือ สีเทา ตลอดทั้งพื้นหลัง การเปรียบเทียบนั้นจะต้องวางวัตถุทั้งสองในตำแหน่งที่เหมาะสมและถูกต้อง วางติดกัน แต่ไม่ควรวางซ้อนทับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 รูปแสดงมุมของลักษณะการวัดสี
ที่มา : Hunter Labs (2000)

2.2 คุณสมบัติทางด้านแสงของตัวอย่าง (Hunter Labs, 2000)

วัตถุต่างๆมักเกื้อหนุนในการมองเห็นสีและลักษณะปรากฏของตัวมันเองอยู่แล้ว โดยการแปรเปลี่ยนตามแสงจากแหล่งกำเนิดแสง, สารให้สีในตัววัตถุ (pigment หรือสีย้อม) จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นช่วงหนึ่งและสะท้อนหรือกระจายช่วงความยาวคลื่นอีกช่วงหนึ่ง เช่น วัตถุสีแดงจะสะท้อนช่วงความยาวคลื่นของแสงสีแดง และดูดกลืนช่วงความยาวคลื่นแสงอื่นๆทั้งหมด การที่เกิดการสะท้อนแสงสีแดงออกมานั้นทำให้เรามองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีแดง

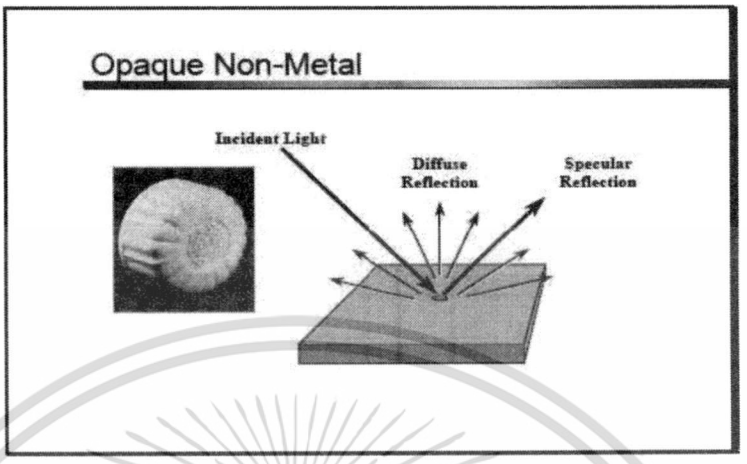
วัตถุที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวัดสีและเกี่ยวข้องกับแสงนั้นแบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่

2.2.1. วัตถุทึบแสงที่ไม่เป็นโลหะ (Opaque Nonmetal)

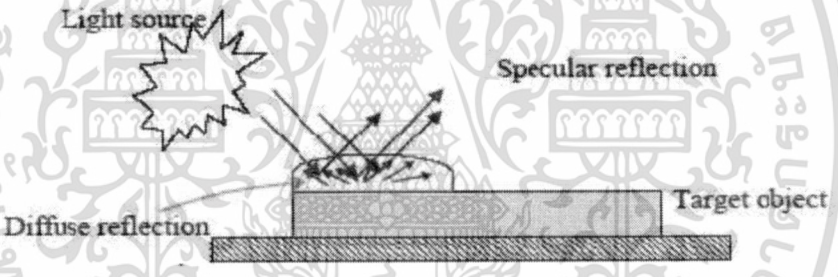
เป็นวัตถุที่ไม่ใช่โลหะและไม่ยอมให้แสงทะลุผ่านได้ เช่น วัตถุพวกพลาสติก หรือ ไม้ เป็นต้น วัตถุพวกนี้จะมีการสะท้อนแสงที่ปรากฏออกมา 2 ลักษณะแตกต่างกัน ได้แก่ การสะท้อนแสงแบบเสมือน ซึ่งเป็นการสะท้อนแสงไปและกลับในปริมาณที่เท่ากัน หรือทำให้เราเห็นความแวววาวจากตัววัตถุ การสะท้อนแบบเสมือนนี้จะเกิดขึ้นเพียง 4% ของการสะท้อนแสงทั้งหมด ส่วนอีก 96% เป็นการสะท้อนแสงแบบกระจาย สีของวัตถุที่เราเห็นนั้นมาจากการสะท้อนแบบกระจายแสงนี้เอง แต่ลักษณะปรากฏทั้งหมดของวัตถุนั้นอาศัยการสะท้อนแสงทั้งสองลักษณะ

การสะท้อนแสงทั้งหมด (Total Reflection) = specular reflection + diffuse reflection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 รูปแสดงตัวอย่างวัตถุทึบแสงที่ไม่ใช่โลหะและรูปแบบการสะท้อนแสง
ที่มา : Hunter Labs (2000)

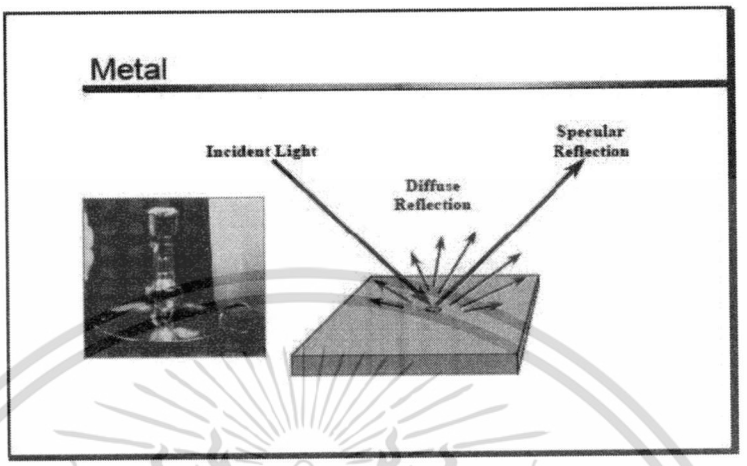


รูปที่ 2.4 ลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุทึบแสง
ที่มา : Minalta (1997)

2.2.2วัตถุทึบแสงที่เป็นโลหะ (Opaque Metal)

เป็นวัตถุที่เป็นโลหะและไม่ยอมให้แสงทะลุผ่านได้ เช่น กระทะอลูมิเนียม, ทองคำ หรือสิ่งของที่เคลือบด้วยตัวโลหะ วัตถุทึบแสงที่เป็นโลหะนี้คล้ายกับวัตถุทึบแสงที่ไม่เป็นโลหะ นั่นคือ เกิดการสะท้อนแสง 2 ลักษณะ คือ การสะท้อนแสงแบบเสมือนและการสะท้อนแสงแบบกระจายแสง แต่พวกที่เป็นโลหะนี้จะมีความแวววาวมากกว่า โดยที่ความแวววาวของสีที่เห็นนี้มาจากการสะท้อนแสงแบบเสมือนนี้จะเกิดขึ้นมากกว่า ส่วนการสะท้อนแสงแบบกระจายแสงนั้นเกิดขึ้นในปริมาณน้อย ทั้งนี้เกิดจากความแตกต่างของบริเวณพื้นผิว ส่วนสีที่เราเห็นจากวัตถุชนิดนี้นั้นเกิดจากการสะท้อนแบบกระจายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

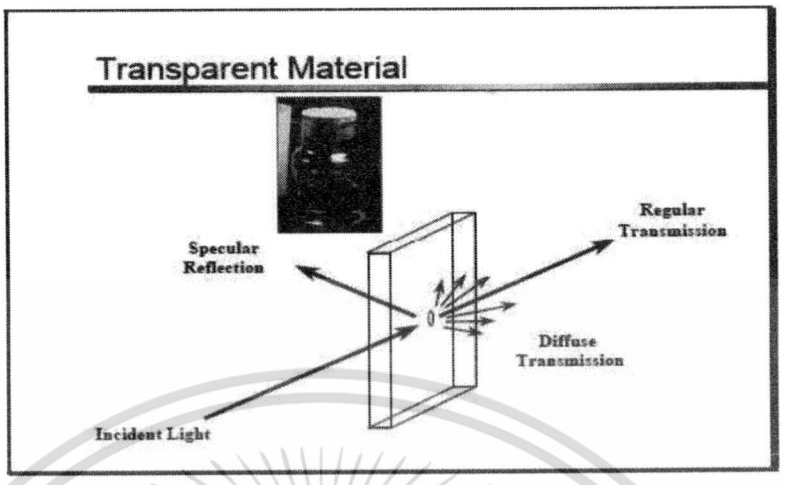


รูปที่ 2.5 รูปแสดงตัวอย่างวัตถุทึบแสงที่เป็นโลหะและรูปแบบการสะท้อนแสง
ที่มา : Hunter Labs (2000)

2.2.3 วัตถุโปร่งใส (Transparent Materials)

วัตถุโปร่งใสนี้จะยอมให้แสงทะลุผ่านได้ในปริมาณมาก ซึ่งเราสามารถมองเห็นวัตถุอีกอย่างหนึ่งผ่านตัววัตถุโปร่งใสนี้ได้อย่างชัดเจน ไม่ว่าวัตถุชนิดนี้จะเป็นของแข็งหรือของเหลว เช่น กระจกใส หรือ น้ำ แสงส่วนหนึ่งที่สะท้อนแบบเสมือนนั้นจะทำให้เราเห็นความมันวาวที่ผิวของวัตถุ ส่วนแสงอีกส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านตัววัตถุนี้ การทะลุผ่านของแสงนี้จะมีทั้งแบบที่ทะลุผ่านเป็นเส้นตรงและทะลุผ่านตัววัตถุแบบกระจัดกระจาย สีที่เรามองเห็นจากวัตถุชนิดนี้เกิดจากการทะลุผ่านของแสงเป็นเส้นตรง แต่ถ้าเกิดการทะลุผ่านของแสงแบบกระจัดกระจายในปริมาณมากจะทำให้เห็นวัตถุในลักษณะขุ่นมัว ไม่ชัดเจน หากเราต้องการวัดค่าสีของวัตถุนี้เราต้องทำการวัดค่าการผ่านทะลุของแสงทั้งหมด ถ้าหากต้องการวัดความแวววาวของตัววัตถุจะตัววัดค่าการสะท้อนแสงแบบเสมือน หรือต้องการวัดความขุ่นมัวของสีวัตถุก็วัดได้จากการผ่านทะลุของแสงแบบกระจัดกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

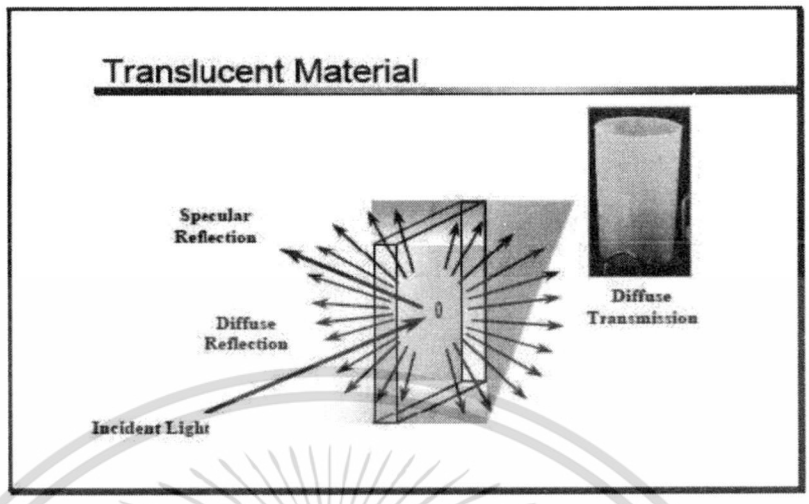


รูปที่ 2.6 รูปแสดงตัวอย่างวัตถุโปร่งใสและรูปแบบการสะท้อนแสง
ที่มา : Hunter Labs (2000)

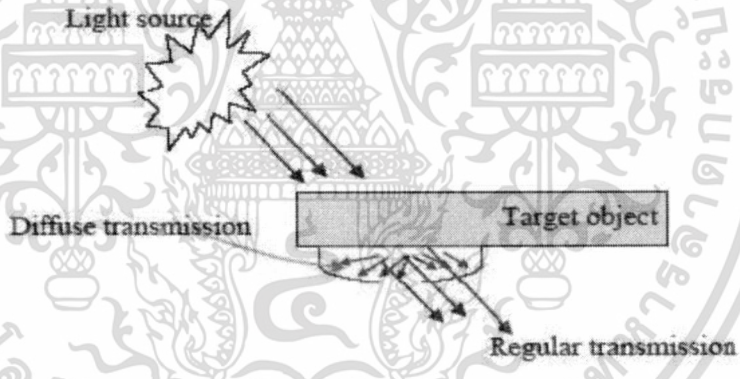
2.2.4 วัตถุโปร่งแสง (Translucent Materials)

วัตถุโปร่งแสงนี้เป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลว วัตถุเหล่านี้จะยอมให้แสงทะลุผ่านเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น แม้แสงที่ผ่านเข้าสู่วัตถุโปร่งแสง แต่ก็ไม่สามารถมองเห็นภาพของวัตถุอื่นๆผ่านวัตถุโปร่งแสงนี้ได้ชัดเจน ตัวอย่างของวัตถุชนิดนี้ ได้แก่ น้ำส้ม กระดาษอย่างบาง ฯลฯ วัตถุชนิดนี้มีความซับซ้อน เนื่องจากเป็นการรวมลักษณะของวัตถุทึบแสงที่ไม่ใช่โลหะและวัตถุโปร่งใสเข้าด้วยกัน ความแวววาวจากวัตถุนี้เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์การสะท้อนแสงแบบกระจายแสง เมื่อแสงผ่านเข้าทางด้านหน้าของวัตถุ ส่วนการมองเห็นสีเกิดจากการทะลุผ่านของแสงแบบกระจัดกระจาย เมื่อแสงอยู่ทางด้านหลังของวัตถุ วัตถุโปร่งแสงนี้ได้สามารถทำการวัดสีได้โดยง่ายเนื่องจากอาจเกิดความแปรปรวนตามความหนาของวัตถุหรือพื้นหลังที่นำมาเป็นฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 รูปแสดงตัวอย่างวัตถุโปร่งแสงและรูปแบบการสะท้อนแสง
ที่มา : Hunter Labs (2000)



การทะลุผ่านแสงทั้งหมด (total transmission) = regular transmission + diffuse transmission

รูปที่ 2.8 ลักษณะการผ่านทะลุของแสงของวัตถุโปร่งแสงและโปร่งใส
ที่มา : Minalta (1997)

ได้มีการทดลองเพื่อหาวิธีการวัดค่าสีที่ดีที่สุดของวัตถุโปร่งแสงในส่วนของการสะท้อนแสง ดังนี้

กำหนดความหนาและแสงที่ส่องผ่านให้แน่นอนและสม่ำเสมอ และอาจใช้เยื่อบางๆเพื่อทำให้วัตถุมีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงความทึบแสง

พื้นหลังที่นำมาเป็นฉากควรเป็นสีขาว

ปกคลุมตัวอย่างด้วยวัตถุสีดำ เพียงให้แสงผ่านเข้าในปริมาณน้อย

ใช้พื้นที่เล็กๆในการให้แสงส่องสว่าง และใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ในการมองวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องมืออุปกรณ์ (Hunter Labs, 2000)

เครื่องมือที่ใช้วัดสี เป็นการวัดสีโดยตรงที่ให้ผลที่ถูกต้องตรงไปตรงมามากกว่าการวัดสีโดยใช้คน เนื่องจากคนที่เป็นผู้สังเกตนั้นอาจยังมีความอคติในการตัดสินบ้าง อีกทั้งเครื่องมือยังมีวามแม่นยำมากว่า ใช้เวลาในการวัดน้อยกว่า และยังมีข้อดีอื่นๆที่ทำให้ผลการวัดออกมาง่ายและเป็นมาตรฐาน เครื่องมือวัดสีที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหารมี 3 ประเภท คือ monochromatic colorimeter, tristimulus colorimeter และ spectrophotometer

สำหรับ monochromatic colorimeter ทำการวัดโดยอาศัยการสะท้อนแสงในพื้นที่เล็กๆที่ประกอบด้วยสีแดง สีเขียว สีเหลือง หรือสีฟ้า เนื่องจากพื้นฐานของเครื่องชนิดนี้จะเห็นเพียงส่วนที่เป็นสีแดงทั้งหมด สีเขียวทั้งหมด สีฟ้าทั้งหมด หรือสีเหลืองทั้งหมด ดังนั้นจึงเกิดความผิดพลาดของผลที่วัดออกมาได้ง่าย เคยมีผู้ทดลองนำเครื่องชนิดนี้มาใช้ในการแยกความเป็นสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจำพวกซีเรียลที่เกิดจากการอบ ปรากฏว่าเครื่องนี้ไม่สามารถแยกได้กว่าผลิตภัณฑ์เซ็ทใดที่มีความเป็นสีน้ำตาลแก่อ่อนกว่ากัน และระบุว่าผลิตภัณฑ์ทุกเซ็ทมีสีน้ำตาลเหมือนกัน นั่นคือเครื่องประเภทนี้ไม่สามารถแยกเฉดความแก่อ่อนของสีต่างๆได้ แต่ข้อดีของเครื่องนี้คือสามารถเห็นได้ในพื้นที่ที่กว้างประมาณช่วงรัศมี 3 นิ้ว และยังใช้ได้ดีกับพวกที่มีผิวหน้าขรุขระ

สำหรับ tristimulus colorimeter ก็สามารถมองเห็นได้เป็นบริเวณกว้างและยังสามารถวัดได้ค่าสีที่แท้จริงที่สอดคล้องกับสีที่ตามนุษย์เห็น เครื่องนี้จะทำงานคล้ายตาและสมองที่ไวต่อค่าสีของมนุษย์ โดยการทำงานพร้อมกันของระจกชนิดพิเศษที่ใช้ในการกรองสีและตัวตรวจจับสี (light detector) ปกติแล้วตาของมนุษย์นั้นสามารถตรวจจับค่าสีได้มากว่า 10 ล้านเฉดสี ซึ่งเครื่องนี้ก็สมารถมองเห็นเฉดสีมากใกล้เคียงกับตาของมนุษย์ เนื่องจากสามารถตรวจจับได้ในบริเวณกว้าง อีกทั้งยังมีระบบการวัดสีที่ดีเยี่ยมในการวัดผิวของตัวอย่างที่ขรุขระ เช่น ผลิตภัณฑ์พวกซีเรียล ขนมขบเคี้ยวี่มีผิวขรุขระ เส้นพาสต้า เส้นบะหมี่ ฯลฯ

ส่วน spectrophotometer เช่นเดียวกับเครื่อง tristimulus colorimeter คือสามารถวัดได้สีที่แท้จริงแต่มีหลักการการทำงานที่แตกตางกันออกไป คือจะทำการวัดโดยให้แสงผ่านเข้าแท่งสเปกตรัมไปตกกระทบและสะท้อนจากตัวอย่าง และใช้ตารางทางคณิตศาสตร์ที่ทำหน้าที่เหมือนตามนุษย์ที่มความว่องไว อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็น color output ของแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันออกไป จากนั้นก็นำมาคำนวณและประมวลผลออกมา เครื่อง spectrophotometer นี้มีความแม่นยำมากกว่าเครื่อง tristimulus colorimeter ค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเครื่อทั้งสองที่กล่วมาแล้ว แต่เครื่องชนิดนี้ไม่สามารถวัดได้ในบริเวณที่กว้างเท่ากับแบบ tristimulus colorimeter ดังนั้นจึงใช้วัดได้ดีกัตัวอย่างที่มีผิวไม่ขรุขระมากนัก แต่เครื่องมือชนิดนี้ใช้วัดตัวอย่างที่เป็นของเหลวได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเตรียมตัวอย่าง (Hunter Labs, 2000)

ตัวอย่างอุดมคติเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะที่ทำให้ค่าการวัดสีเกิดความแน่นอนและแม่นยำ ซึ่งมีลักษณะ ทึบแสง มีรูปร่างที่แน่นอน มีผิวเรียบตลอดทั้งตัววัตถุ มีความเป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกชั้น และอย่างน้อยที่สุดควรมีขนาดใหญ่กว่าส่วนที่ใช้ยึดจับของตัวเครื่องเล็กน้อย และไม่ควรเป็น photochromic ซึ่งทำให้สีเปลี่ยนแปลงตามค่าของแสง และ thermochromic ซึ่งทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความร้อน ตัวอย่างที่เลือกมาจะต้องเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาวัดได้เป็นอย่างดีโดยมีลักษณะที่ปรากฏบนตัวผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนหลักในตัวอย่างที่นำมาใช้วัดด้วย อีกทั้งตัวอย่างควรมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างอุดมคติมากที่สุดเท่าที่จะเป็นได้

ส่วนตัวอย่างที่จะนำมาวัดการสะท้อนแสงนั้น จะต้องไม่ทึบแสงอาจทำได้โดยใช้กระเบื้องสีขาวเป็นฉากในการวัดเพื่อช่วยในเรื่องการสะท้อนของแสง ส่วนตัวอย่างที่เป็นวัตถุที่ไม่ทึบแสงอยู่แล้วก็สามารถนำมาวัดการสะท้อนแสงได้เลย ตัวอย่างที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่นผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงหรือเป็นเมล็ดขนาดเล็ก อาจต้องบดให้ผงนั้นมีขนาดและรูปร่างที่แน่นอนเสียก่อน แต่ถ้าเป็นตัวอย่างที่เป็นของแข็งที่ขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน เช่น พวกสิ่งทอทั้งหลาย ในกรณีเช่นนี้จะต้องแบ่งส่วนที่เหมือนหรือคล้ายกันนำมาวัดด้วยกัน หรืออาจวัดบริเวณที่เป็นส่วนหลักของตัวอย่างนั้น ส่วนตัวอย่างที่มีผิวไม่เรียบเสมอกันตลอด อาจทำโดยกดอัดให้ตัวอย่างเรียบเสียก่อนและวัดบริเวณนั้น หรืออาจกดอัดลงในpellet (กรณีที่เป็นผง) แต่ถ้าตัวอย่างมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันอาจทำโดยคนให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการวัด

2.4.1 วิธีการนำเสนอตัวอย่าง

มีวิธีการมากมายที่แตกต่างกันออกไปในการแสดงตัวอย่างที่ใช้กับเครื่องมือ สำหรับตัวอย่างที่เป็นผงควรจะเทลงในถ้วยใส่ตัวอย่างและทำการวัดด้วยเครื่องโดยผ่านกระจกซึ่งจะช่วยในการกดอัดไปในตัว หรือวัดโดยนำตัวอย่างไปละลายน้ำเสียก่อนแล้วค่อยวัดการทะลุผ่านของแสง หรืออาจใช้กระเบื้องเป็นฉากในการวัด หรือปกคลุมด้วยที่ดักแสง หรือทำการวัดหลายๆครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากในแต่ละครั้งของการวัดอาจเกิดค่าที่แตกต่างเนื่องจากปัจจัยการวัดต่างๆ วิธีที่เลือกมาใช้นั้นควรจะระบุหรือเลือกให้เหมาะกับเครื่องมือด้วย (Hunter Lab, 2003)

แนวทางในการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ใช้ได้ผลมากที่สุด ตัวอย่างควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

- การเตรียมและการวัดนั้นมีหลายขั้นตอน จึงควรตรวจสอบแต่ละขั้นอย่างรอบครอบ
- เมื่อตัวอย่างมีหลากหลายควรทำการวัดและเปรียบเทียบ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของพารามิเตอร์ทั้งหมดว่ามีความสัมพันธ์สิ่งที่เตรียมมาอย่างไร
- ควรทำการวัดในบริเวณที่สะอาด มีอากาศถ่ายเทที่ดี และมีแสงจากธรรมชาติส่องเข้ามาให้มากที่สุด หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีไอก๊าซพิษและฝุ่น เนื่องจากจะเกิดการเข้าไปสะสมในส่วนประกอบต่างๆของเครื่องมือได้และทำให้เครื่องมือเสื่อมประสิทธิภาพหรือชำรุดไปในที่สุด
- ใช้พื้นที่การมองที่ใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- วัดหลายๆครั้งในแต่ละตัวอย่างและทำการหาค่าเฉลี่ยจากค่าที่อ่านได้
- หลีกเลี่ยงการวัดในบริเวณที่เป็นจุดบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ความแตกต่างของ Colorimeter และ Spectrophotometer (Hunter Labs, 1994)

เป็นที่ทราบกันดีว่าชนิดของเครื่องมือ มีผลต่อการวัดสีและมีความสำคัญในการเลือกใช้ให้เหมาะสม ในเทอมของ colorimeter และ spectrophotometer อาจก่อให้เกิดความสับสน ดังนั้นจึงมีการแยกแยะความแตกต่างโดยสังเขปของเครื่องทั้งตามตารางข้างล่างนี้ อย่างไรก็ตามเครื่องทั้งสองประเภทนี้มีช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการมองเห็นเหมือนกันคือประมาณ 400-700 นาโนเมตร (Hunter Labs, 1994)

Colorimeter	Spectrophotometer
• เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ทางกายภาพ โดยการวัดที่ได้ค่อนข้างสัมพันธ์กับการมองเห็นของตาและสมองมนุษย์ ส่วนข้อมูลที่อ่านได้จะประมวลผลออกมาในค่าของ XYZ, L-a-b ฯลฯ	• เป็นเครื่องที่ใช้วิเคราะห์ทางกายภาพ โดยใช้ความยาวคลื่นของสเปกตรัมในการวิเคราะห์ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นด้วยตาของมนุษย์แต่อย่างใด อีกทั้งยังมีระบบคำนวณที่ชาญฉลาดในการประมวลผลออกมาเป็นข้อมูล
• ส่วนประกอบของเครื่อง ได้แก่ sensor และ simple data processor	• ส่วนประกอบของเครื่อง ได้แก่ sensor ที่มีส่วนของ data processor หรือ software
• ควรใช้กับแหล่งรวมแสงเพียงแหล่งเดียว ที่มีค่า 2^{0} /C	• สามารถใช้ได้กับแหล่งรวมแสงที่หลากหลาย ซึ่งเครื่องมีโปรแกรมคำนวณรองรับอยู่
• สามารถแยกช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง โดยใช้ tristimulus absorption filter	• สามารถแยกแยะช่วงความยาวคลื่นในบริเวณแคบได้ โดยใช้ปริซึม ตะแกรงที่มีช่องขนาดเล็ก หรือตัวกรอง
• มีประสิทธิภาพน้อยกว่าเครื่องแบบ spectrophotometer	• มีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องแบบ colorimeter เนื่องจากการทำงานที่ซับซ้อนกว่า
• ใช้ดีในงานที่เปรียบเทียบสีที่คล้ายกันและยังใช้ดีกับการปรับสีที่แตกต่างกันภายใต้เงื่อนไขที่ต่อเนื่อง อีกทั้งยังเหมาะมากในงานตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียด	• ใช้การคำนวณค่าสี ใช้ได้ดีแม้แหล่งรวมแหล่งจะแปรปรวน เหมาะกับการใช้งานทั้งการวัดอย่างละเอียดและงานวิจัยและพัฒนา (R&D)
• ตัวอย่างของ colorimeter ได้แก่ HunterLab D25-SERIES instrument	• ตัวอย่างของ spectrophotometer ได้แก่ HunterLab color QUEST, LabScan, MiniScan, UltraScan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ปัจจัยที่ทำให้เกิดสี แบ่งเป็น 3 ประเภท

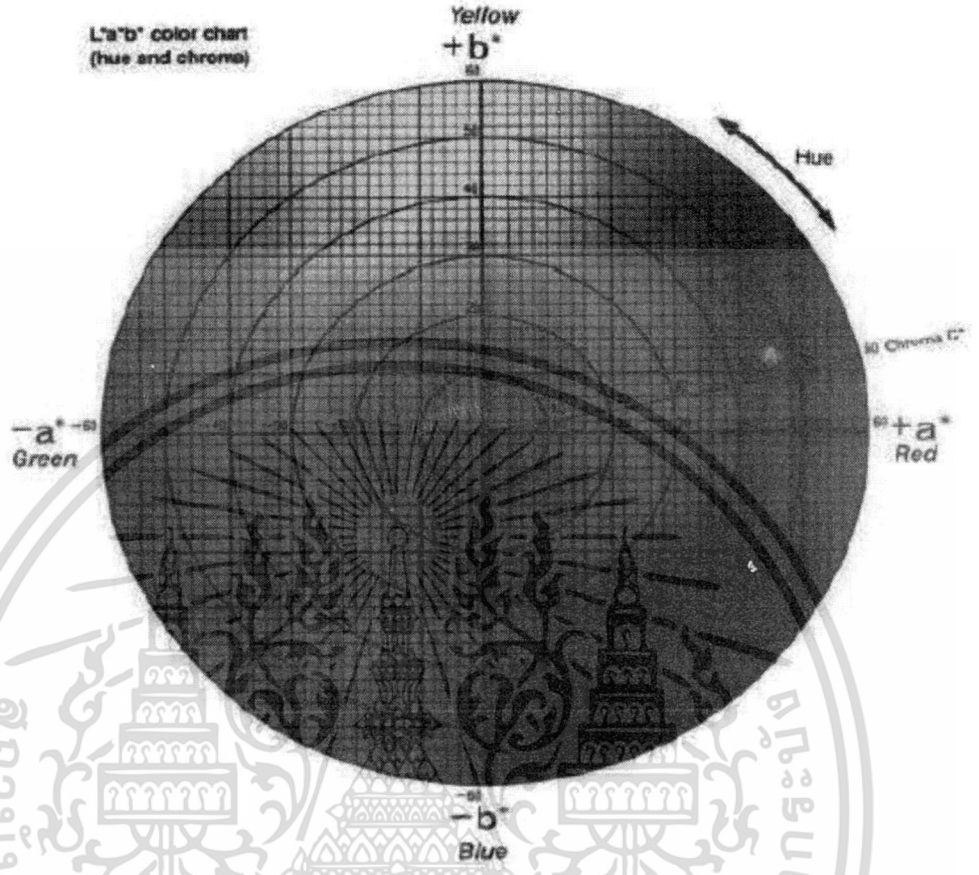
2.6.1. แหล่งกำเนิดแสง (Light Sour) แหล่งกำเนิดแสงมีผลอย่างมากในการบรรยายสีของวัตถุ แหล่งกำเนิดแสงถ้ามีแสงแตกต่างจากแสงขาว เมื่อตกกระทบวัตถุจะทำให้แสงที่สะท้อนกลับมาเกิดสีแตกต่างไป เช่น แสงจากหลอด Incandescent จะให้แสงสีส้ม ในขณะที่ Fluorescent ให้แสงขาวเย็น

2.6.2. วัตถุที่มอง (Specimen) วัตถุที่ทึบแสง (Opaque) จะให้การสะท้อนแสงที่เกิดสีแตกต่างจากวัตถุโปร่งแสง (Translucent) และวัตถุโปร่งใส (Transparent) ลักษณะการตกกระทบของแสงบนวัตถุ ซึ่งได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

2.6.3 ผู้สังเกต (observer) ผู้สังเกตนั้นมีผลต่อการบรรยายสีที่มองเห็นอย่างยิ่ง ผู้สังเกตต่างคนจะบรรยายลักษณะสีต่างกันขึ้นกบลักษณะทางกายภาพของตาละคน ในร่างกายคนจะมีเซลล์อยู่2 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับการรับสี คือ เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปโคน เซลล์รูปแท่งจะตอบสนองได้ดีกับการมองเห็นที่เกี่ยวกับความมืดสว่าง ส่วนเซลล์รูปโคนจะตอบสนองต่อที่มองเห็น

จากหลักการพื้นฐานเรื่องสีข้างต้น จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการวัดสีที่มีมาตรฐานและลดความไม่เป็นกลางเนื่องจากปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสงและผู้สังเกตการณ์ องค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสี คือ Commission Internationmal de' I Eclairage (CIE) หรือชื่อในอังกฤษว่า International Commission on Illumination (http://www.cie.co.at/cie/) องค์กรนี้ได้กำหนดมาตรฐานการวัดสีที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขว้างในวงการวิชาการและการวิจัย คือ ระบบCIE Lab scale ในระยะแรก CIE ได้กำหนดเสกลการวัดสีที่เป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีเขียว (Green) สีแดง (Red) และสีน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงความมืด – สว่าง ของสีได้ CIE ได้พัฒนาต่อมมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีเขียว สีแดง และความสว่าง(lightness) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ ระบบ L*-a*-b* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L* จะแสดงถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า +L* แสดงถึงสีขาว จนถึง -L* แสดงถึงสีดำ แกน a* จะบรรยายถึงแกนจากสีเขียว (-a*) จนไปถึงสีแดง (+a*) ส่วงนแกน b* จะบรรยายถึงแกนจากสีน้ำเงิน (-b*) จนไปถึงสีเหลือง (+b*) ลักษณะการบรรยายสีของ CIE แสดงได้ดังรูป 2.9 และ 2.10 นอกจากนี้บริษัท Hunter Lab จะใช้สเกล L-a-b บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ L*-a*-b* ของ CIE ข้อแตกต่างระหว่างระบบสีของ CIE และ Hunter Lab คือ สูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง L*-a*-b* และ L-a-b ล้วนมีพื้นฐานการคำนวณมาจากระบบ X-Y-Z ทั้งสิ้น

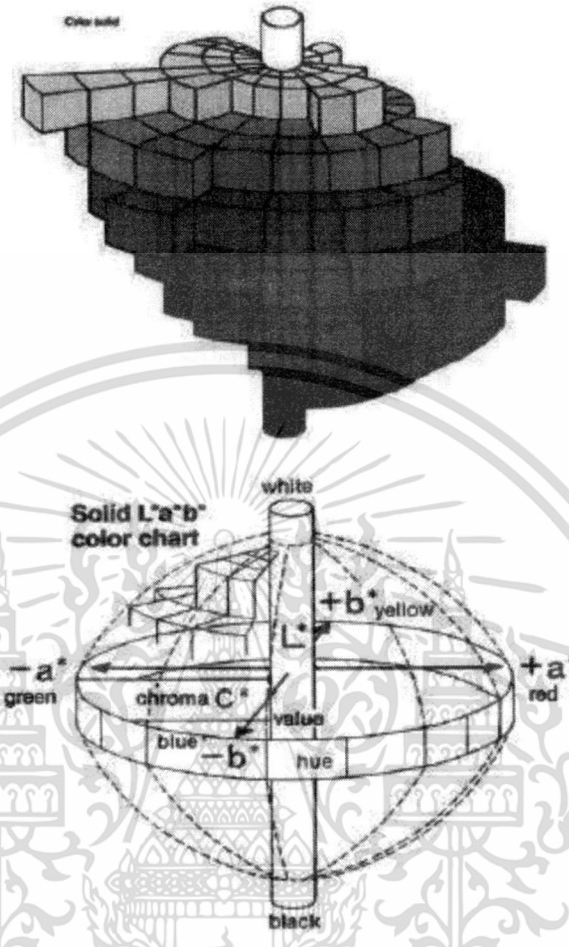
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ : Hue บรรยายถึงเฉดสี Chroma บรรยายถึงความมันวาวหรือความเข้มของโทนสี

ที่มา : Minalta (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE Lab ในรูป 3 มิติ

ที่มา : Minolta (1997)

โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง(Lightness)

L= 0 = perfect black sample

L= 100 = perfect white sample

a* ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

a เป็น - วัตถุมีสีเขียว

b* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น - วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง $L^* = 116 (Y/Yn)^{1/3} - 16$

$L^* = 500 ((X/Xn)^{1/3} - (Y/Yn)^{1/3})$

$L^* = 200 ((Y/Yn)^{1/3} - (Z/Zn)^{1/3})$

โดยที่ Xn, Yn, Zn คือค่า Tristimulus Value ของ Reference white ภายใต้ Illuminant หนึ่ง เช่น D65 (Yn = 100 เสมอ ส่วน X/Xn, Y/Yn และ Z/Zn จะมีค่ามากกว่า 0.01)

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ยังมีการปรับปรุงต่อไป โดยการเชื่อมค่า "a" และ "b" เข้ากับ "hue" และ "chroma" โดยกำหนด color term อีก 2 ตัว คือ hue angle (h*) และ chroma (c*)

Hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา

โดย

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

ถ้า $h^* = 0^\circ$ แสดงว่าเป็น สีแดง

$h^* = 90^\circ$ แสดงว่าเป็น สีเหลือง

$h^* = 180^\circ$ แสดงว่าเป็น สีเขียว

$h^* = 270^\circ$ แสดงว่าเป็น สีน้ำเงิน

ส่วน Chroma จะได้จากความยาวของเส้นตรงจากจุดกำเนิดที่ $a^* = h^* = 0$ ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง C* จะใช้บอกค่าความสดใสของสีที่ค่าความสว่างหนึ่งๆ

โดยทั่วไป ในการระบุสีของวัตถุมีสีในระบบ CIELAB นั้น มักจะระบุด้วยค่า L* , C* และ h*มากกว่า L*, a* และ b* เนื่องจากจะทำให้เข้าใจและทราบลักษณะของสีได้ใกล้เคียงกับที่ตาของมนุษย์มองเห็นสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 น้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอย

3.1.2 น้ำแดงตราเฮลล์บลูบอย

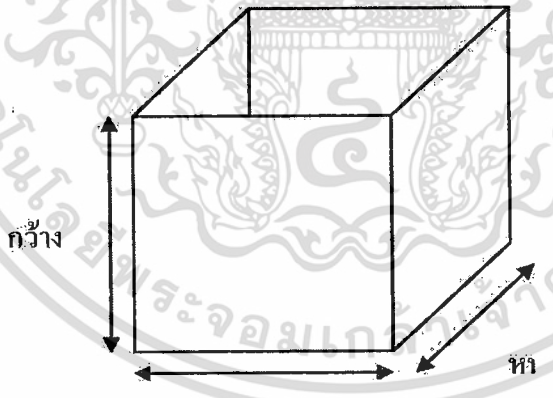
3.1.3 น้ำส้มตราโกลแพน

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 กล่องสี่เหลี่ยมที่ทำจากอะครีลิกหนา 4 มิลลิเมตร ความสูง 20 เซนติเมตร โดยมีขนาดดังต่อไปนี้

- พื้นที่หน้าตัด 10X 10 ตารางเซนติเมตร
- พื้นที่หน้าตัด 12X12 ตารางเซนติเมตร
- พื้นที่หน้าตัด 14X14 ตารางเซนติเมตร
- พื้นที่หน้าตัด 16X16 ตารางเซนติเมตร

3.2.2 กล่องสี่เหลี่ยมที่ทำจากอะครีลิกใสหนา 2 มิลลิเมตร ความสูง 8 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของกล่องสี่เหลียมที่ออกแบบ

3.2.3 สติกเกอร์พลาสติกสำหรับทำฉาก สีดำและสีขาว

3.2.4 เครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง(Minolta Colorimeter CR-300,Japan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาปัจจัยของขนาดพื้นที่หน้าตัด ที่คาดว่ามีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

3.3.1.1 ออกแบบภาชนะ

ออกแบบภาชนะบรรจุที่ใช้ในการทดลอง ให้มีความเหมาะสมกับเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง (Minolta Colorimeter CR-300,Japan) โดยกำหนดให้ภาชนะบรรจุเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทำจากอะครีลิกหนา14 มิลลิเมตรมีขนาดดังนี้

- พื้นที่หน้าตัด 10X 10 ตารางเซนติเมตร
- พื้นที่หน้าตัด 12X12 ตารางเซนติเมตร
- พื้นที่หน้าตัด 14X14 ตารางเซนติเมตร
- พื้นที่หน้าตัด 16X16 ตารางเซนติเมตร

3.3.1.2 กำหนดชนิดของอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้ในการทดลองได้แก่ น้ำแดง ที่ระดับความเข้มข้น 5%

3.3.1.3 กำหนดสีของฉากที่ใช้ในการวัดได้แก่ ฉากสีดำ(ค่าL= 0)

3.3.1.4 ขั้นตอนการวัดสี

1. ติดสติกเกอร์พลาสติกสีดำที่ก้นภาชนะซึ่งตรงข้ามกับหัววัดเพื่อทำเป็นฉาก
2. นำตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสใส่ลงในภาชนะที่ออกแบบจนเต็มภาชนะ (20 เซนติเมตร)
3. นำหัววัดของเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสงวางในแนวตั้งสัมผัสกับผิวหน้าของอาหารเหลวโปร่งใส
4. กดปุ่มที่เครื่องเพื่อวัดสี
5. บันทึกผลค่าสี L,chroma และ hue โดยการวัด 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย
6. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนขนาดพื้นที่หน้าตัดของภาชนะบรรจุจนครบทุกขนาด
7. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดสีไปวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบสุ่มสมบูรณ์(CRD)ด้วยโปรแกรม SPSS version 11 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าสี L,chroma และ hue กับพื้นที่หน้าตัดขนาดต่างๆ ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อดูว่าพื้นที่หน้าตัดแต่ละขนาดมีผลต่อค่าการวัดสี L,chroma และ hue หรือไม่

115551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ศึกษาปัจจัยสีของฉาก ที่คาดว่าจมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

3.3.2.1 ออกแบบภาชนะ

ออกแบบภาชนะบรรจุที่ใช้ในการทดลอง ให้มีความเหมาะสมกับเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง(Minolta Colorimeter CR-300,Japan) โดยกำหนดให้ภาชนะบรรจุเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทำจากอะครีลิกหนา4 มิลลิเมตร มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 10X10 ตารางเซนติเมตร จำนวน 1 กล่อง

3.3.2.2 กำหนดสีฉากที่ใช้ในการวัด

1. ฉากสีขาวโดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

- ด้านข้างของภาชนะบรรจุโปร่งใส
- ด้านข้างของภาชนะบรรจุทึบแสง

2. ฉากสีดำโดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะเช่นกันคือ

- ด้านข้างของภาชนะบรรจุโปร่งใส
- ด้านข้างของภาชนะบรรจุทึบแสง

3.3.2.3 กำหนดตัวอย่างของอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้ในการทดลองได้แก่ น้ำแดง น้ำเขียวและน้ำส้มที่ความเข้มข้น 100%

3.3.2.4 กำหนดระยะห่างหัววัดกับฉากคือ 1,2,3,4,5,10,15 และ 20 เซนติเมตร

3.3.2.5 ขั้นตอนการวัดสี

1. นำตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสใส่ลงในภาชนะขนาดพื้นที่หน้าตัด 10X10 ตารางเซนติเมตร ที่ได้ติดฉากเรียบร้อยแล้ว
2. นำหัววัดของเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสงวางในแนวตั้งสัมผัสกับผิวหน้าของอาหารเหลวโปร่งใสที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากต่างๆ
3. กดปุ่มที่เครื่องเพื่อวัดสี
4. บันทึกผลค่าสี L,chroma และ hue โดยการวัด 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย
5. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนตัวอย่างของอาหารเหลวโปร่งใส สีของฉาก(ด้านข้างภาชนะของบรรจุโปรงใสและทึบแสง)และระยะระหว่างหัววัดกับฉากจนครบตามที่กำหนด
6. นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าL,chroma และ hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อเปรียบเทียบผลของปัจจัยสีฉากที่มีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ศึกษาอิทธิพลของระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่ 1-10 เซนติเมตรและระดับความเข้มข้น ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

3.3.3.1 ออกแบบภาชนะ

ออกแบบภาชนะบรรจุที่ใช้ในการทดลอง ให้มีความเหมาะสมกับเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง (Minolta Colorimeter CR-300,Japan) โดยกำหนดให้ภาชนะบรรจุเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทำจากอะครีลิกหนา4 มิลลิเมตรมีขนาดพื้นที่หน้าตัด 10X10 ตารางเซนติเมตร จำนวน 1 กล่อง

3.3.3.2 กำหนดสีของฉากที่ใช้วัด ได้แก่ ฉากสีขาว โดยให้ด้านข้างของภาชนะบรรจุมีลักษณะโปร่งใส

3.3.3.3 กำหนดตัวอย่างของอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้ในการทดลองได้แก่ น้ำแดง น้ำเขียวและน้ำส้ม

3.3.3.4 กำหนดระดับความเข้มข้นของอาหารเหลวที่ใช้ดังนี้ 5%,10%,20%,40%,60%,80% และ100%

3.3.3.5 กำหนดระยะห่างหัววัดกับฉากคือ 1,2,3,4,5, และ 15 เซนติเมตร

3.3.3.6 ขั้นตอนการวัดสี

1. นำตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆใส่ลงในภาชนะบรรจุขนาด 10X10 ตารางเซนติเมตร โดยติดฉากสีขาวที่ก้นภาชนะ ด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส

2. นำหัววัดของเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสงวางในแนวตั้งสัมผัสกับผิวหน้าของอาหารเหลวโปร่งใสที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากต่างๆ

3. กดปุ่มที่เครื่องเพื่อวัดสี

4. บันทึกผลค่าสี L,chroma และ hue โดยการวัด 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

5. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใส ระยะระหว่างหัววัดกับฉากและระดับความเข้มข้นจนครบตามที่กำหนด

6. นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าL,chroma และ hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อเปรียบเทียบผลของระยะระหว่างหัววัดกับฉากและระดับความเข้มข้นที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ศึกษาอิทธิพลของระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่ 0.2-10 เซนติเมตรและระดับความเข้มข้น ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

3.3.4.1 ออกแบบภาชนะ

ออกแบบภาชนะบรรจุที่ใช้ในการทดลอง ให้มีความเหมาะสมกับเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง (Minolta Colorimeter CR-300,Japan) โดยกำหนดให้ภาชนะบรรจุเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทำจากอะครีลิกหนา2 มิลลิเมตรมีขนาดพื้นที่หน้าตัด 8X8 ตารางเซนติเมตร จำนวน 1 กล่อง

3.3.4.2 กำหนดสีของฉากที่ใช้วัด ได้แก่ ฉากสีขาว โดยให้ด้านข้างของภาชนะบรรจุมีลักษณะโปร่งใส

3.3.4.3 กำหนดตัวอย่างของอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้ในการทดลองได้แก่ น้ำแดง น้ำเขียวและน้ำส้ม

3.3.4.4 กำหนดระดับความเข้มข้นของอาหารเหลวที่ใช้ดังนี้ 5%,10%,20%,40%,60%,80% และ100%

3.3.3.5 กำหนดระยะห่างหัววัดกับฉากคือ 0.2,0.4,0.6,0.8และ 1 เซนติเมตร

3.3.3.6 ขั้นตอนการวัดสี

1. นำตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆใส่ลงในภาชนะบรรจุขนาด8X8 ตารางเซนติเมตร โดยติดฉากสีขาวที่ก้นภาชนะ ด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส

2. นำหัววัดของเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสงวางในแนวตั้งสัมผัสกับผิวหน้าของอาหารเหลวโปร่งใสที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากต่างๆ

3. กดปุ่มที่เครื่องเพื่อวัดสี

4. บันทึกผลค่าสี L,chroma และ hue โดยการวัด 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

5. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของอาหารเหลวโปร่งใส ระยะระหว่างหัววัดกับฉากและระดับความเข้มข้นจนครบตามที่กำหนด

6. นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าL,chroma และ hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อเปรียบเทียบผลของระยะระหว่างหัววัดกับฉากและระดับความเข้มข้นที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

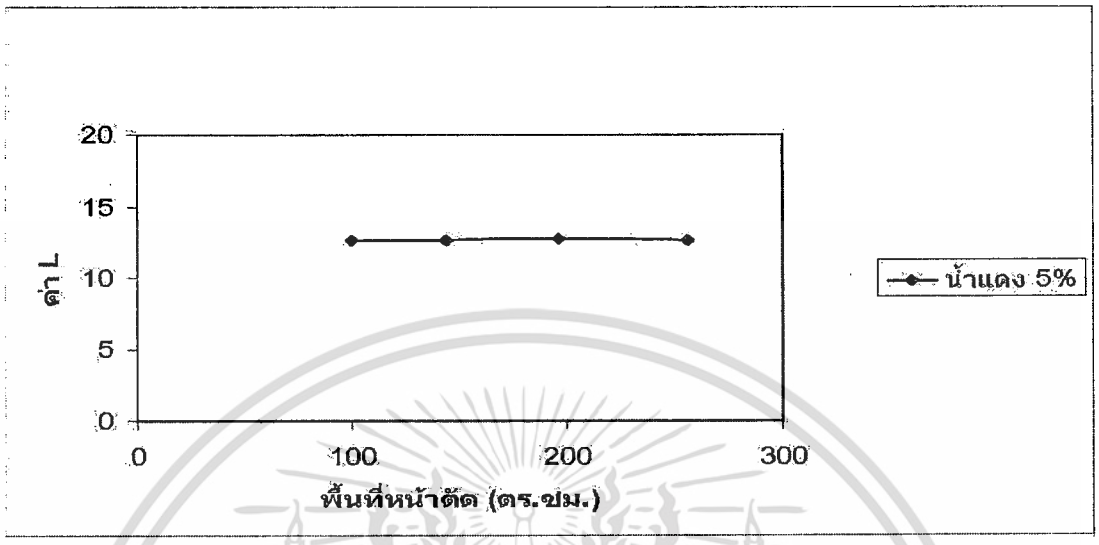
4.1 ศึกษาปัจจัยขนาดของพื้นที่หน้าตัด ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

จากการศึกษาปัจจัยขนาดของพื้นที่หน้าตัด ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใสนั้น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และเมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4.1 มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า chroma และค่า hue กับพื้นที่หน้าตัดโดยกำหนดตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสและสีฉากไว้ พบว่าค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า chroma และค่า hue มีค่าคงที่ขนาดพื้นที่หน้าตัด 10X10 ตารางเซนติเมตร 12X12 ตารางเซนติเมตร 14X14 ตารางเซนติเมตรและ 16X16 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นขนาดของพื้นที่หน้าตัดจึงไม่มีผลต่อค่าสีของอาหารเหลวโปร่งใสที่วัดในระบบ L a b จึงสามารถใช้ขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่มีขนาดเล็กที่สุดได้นั่นก็คือที่ 10X10 ตารางเซนติเมตร อีกทั้งทำให้ปริมาตรของอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้ลดน้อยลงอีกด้วย

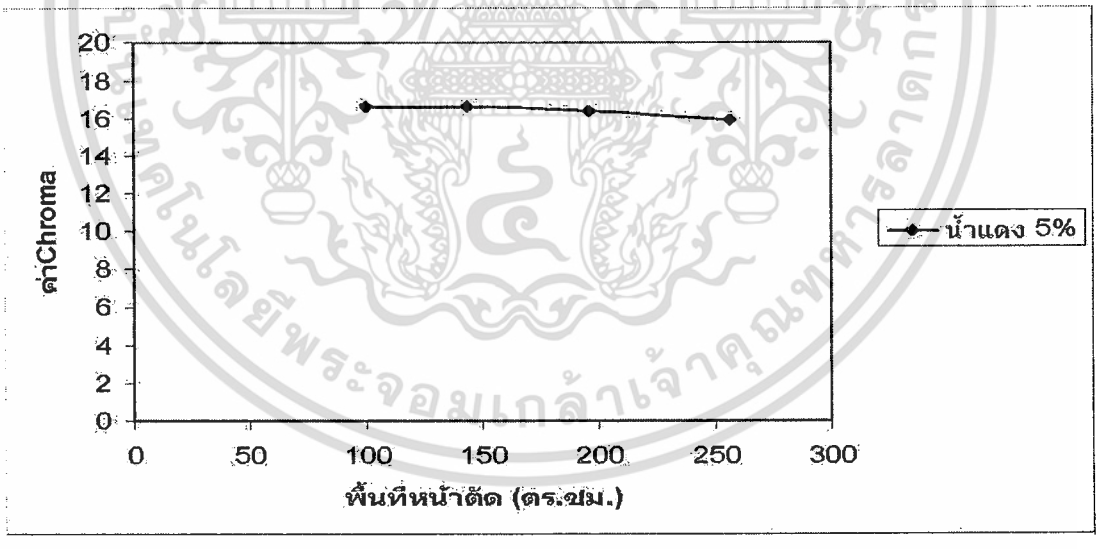
ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร)	น้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 5% (ในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส		
	Lเฉลี่ย	chromaเฉลี่ย	hueเฉลี่ย
10X10	12.61	16.67	301
12X12	12.65	16.64	300.6
14X14	12.74	16.42	300.7
16X16	12.67	15.96	300.7

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L ค่า chromaและค่า hue ของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส ที่ขนาดพื้นที่หน้าตัดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

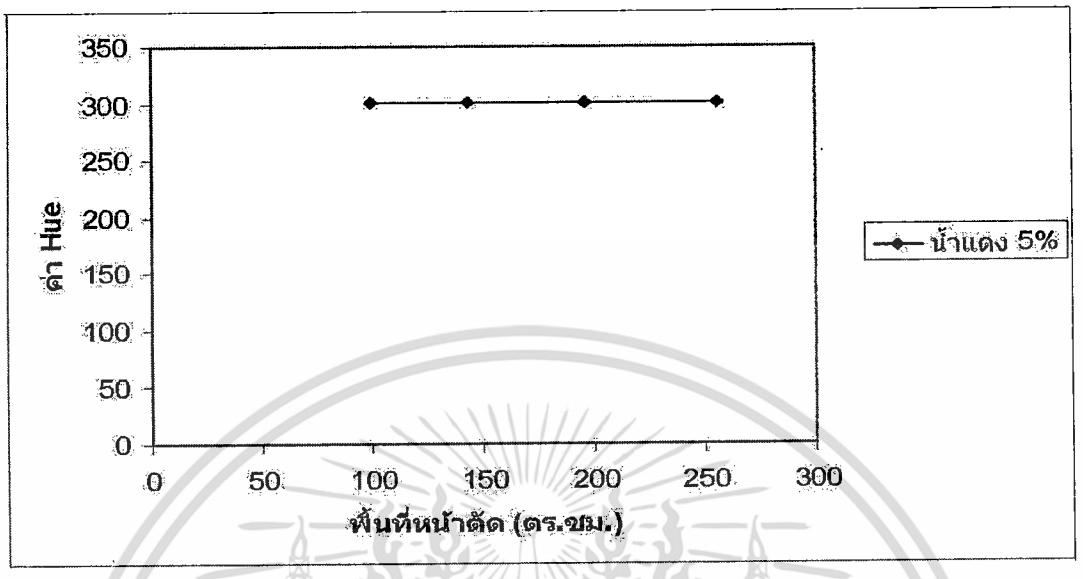


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าL กับพื้นที่หน้าตัดของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับพื้นที่หน้าตัดของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hue กับพื้นที่หน้าตัดของน้ำแดงที่ ระดับความเข้มข้น 5% บรรจุในภาชนะที่ใช้ฉากสีดำด้านข้างมีลักษณะโปร่งใส

4.2 ศึกษาปัจจัยสีของฉาก ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

จากการศึกษาปัจจัยสีของฉากที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 เมื่อนำค่าในตารางมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าL ค่า chromaและค่า hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่ 1,2,3,4,5,10,15 และ 20 เซนติเมตร ของตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใส3 ชนิดคือ น้ำแดง น้ำเขียว และน้ำส้ม ที่ระดับความเข้มข้น 100%โดยใช้กล่องอะครีลิกที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 10X10 ตารางเซนติเมตร พบว่ากล่องอะครีลิกที่ใช้ฉากสีขาว ซึ่งด้านข้างของภาชนะมีลักษณะที่โปร่งใสและทึบแสงนั้น ให้ค่าการวัดสีอาหารเหลวโปร่งใสได้ถูกต้องทั้ง 3 ตัวอย่าง ดังนั้นจึงเลือกใช้ฉากสีขาวซึ่งด้านข้างของภาชนะมีลักษณะโปร่งใส ทำให้สามารถมองเห็นระยะระหว่างหัววัดกับฉากได้ชัดเจนและได้ระยะที่ถูกต้องและแน่นอนขณะทำการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L ค่า chromaและค่า hue ของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากและสีของฉากต่างๆ

ฉาก	ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก (เซนติเมตร)	น้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 100%		
		Lเฉลี่ย	chromaเฉลี่ย	hueเฉลี่ย
ขาว (ด้านข้างโปร่งใส)	1	19.66	29.73	351.3
	2	16.11	20.22	329.5
	3	15.73	16.8	316
	4	15.05	16.17	310.1
	5	14.62	16.19	307.3
	10	14.42	15.71	302.2
	15	14.35	15.5	301.4
	20	14.45	15.58	301.5
ขาว (ด้านข้างทึบแสง)	1	22.24	29.58	354.6
	2	17.65	21.11	335.0
	3	15.71	17.24	318.3
	4	14.93	16.79	312.5
	5	15.54	15.62	309.3
	10	14.22	15.54	302.5
	15	14.49	15.42	301.8
	20	14.32	15.22	300.7
ดำ (ด้านข้างโปร่งใส)	1	16.13	16.06	301.0
	2	16.16	15.28	299.0
	3	15.89	15.78	298.6
	4	15.9	15.79	298.6
	5	15.9	15.79	298.3
	10	15.84	15.9	298.2
	15	15.73	15.74	298.0
	20	15.88	15.91	298.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L ค่า chromaและค่า hue ของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากและสีของฉากต่างๆ(ต่อ)

ฉาก	ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก (เซนติเมตร)	น้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 100%		
		Lเฉลี่ย	chromaเฉลี่ย	hueเฉลี่ย
ดำ (ด้านข้างทึบแสง)	1	14.51	14.95	302.4
	2	14.95	15.27	301.8
	3	14.02	15.09	301.1
	4	14.14	14.83	302.1
	5	14.23	14.41	301.6
	10	14.46	14.72	301.9
	15	13.99	14.83	300.5
	20	14.28	14.87	300.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L ค่า chromaและค่า hue ของน้ำเขียวที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากและสีของฉากต่างๆ(ต่อ)

ฉาก	ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก (เซนติเมตร)	น้ำเขียวที่ระดับความเข้มข้น 100%		
		Lเฉลี่ย	chromaเฉลี่ย	hueเฉลี่ย
ดำ (ด้านข้างทึบแสง)	1	14.06	14.06	297.9
	2	13.06	14.82	300.2
	3	14.12	14.44	300.1
	4	13.54	15.05	300.3
	5	13.87	14.63	300.3
	10	13.85	14.77	300.7
	15	13.64	14.83	300.1
	20	13.7	15.23	300.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L ค่า chromaและค่า hue ของน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากและสีของฉากต่างๆ

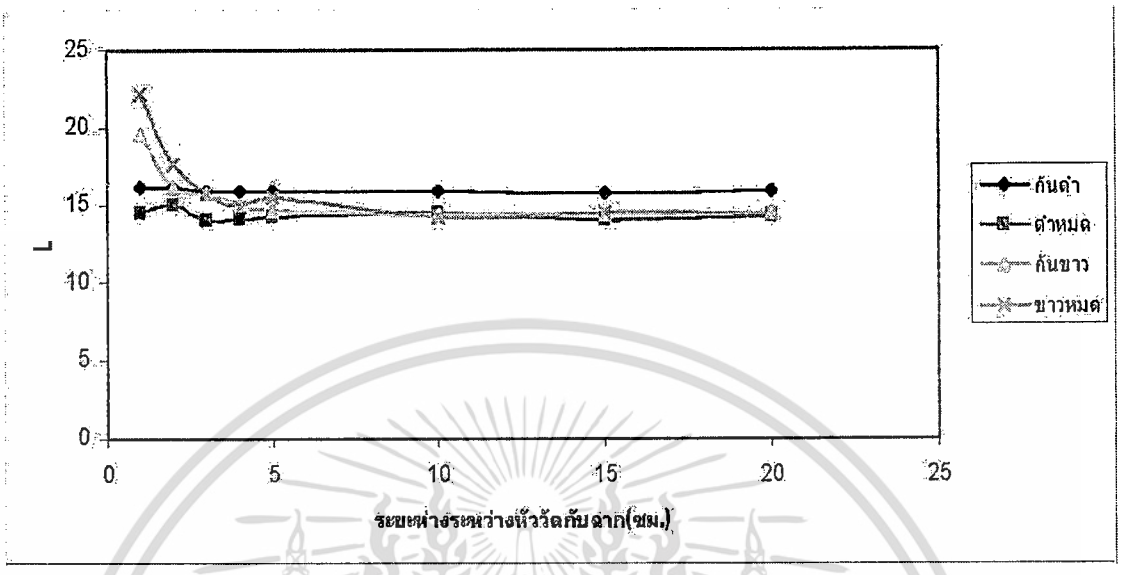
ฉาก	ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก (เซนติเมตร)	น้ำส้มที่ระดับความเข้มข้น 100%		
		Lเฉลี่ย	chromaเฉลี่ย	hueเฉลี่ย
ขาว (ด้านข้างโปร่งใส)	1	36.5	25.74	68.3
	2	36.05	25.17	68.1
	3	36.11	25.11	68.7
	4	36.06	25.09	68.9
	5	36.06	25.01	68.9
	10	36.15	25.04	69.2
	15	36.09	25.06	69
	20	36.02	25.07	68.7
ขาว (ด้านข้างทึบแสง)	1	36.62	31.33	70.6
	2	36.24	24.84	68.47
	3	36.14	25.38	68.7
	4	36.17	23.77	68.1
	5	35.98	25.2	68.7
	10	36.02	25.16	68.6
	15	36.04	25.17	68.7
	20	35.94	25.19	68.7
ดำ (ด้านข้างโปร่งใส)	1	34.96	21.82	70.6
	2	35.77	24.25	69.3
	3	36.05	24.73	69
	4	36.06	24.81	68.8
	5	35.97	24.72	68.6
	10	36.07	24.72	68.6
	15	36.03	24.74	68.7
	20	36.02	24.83	68.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

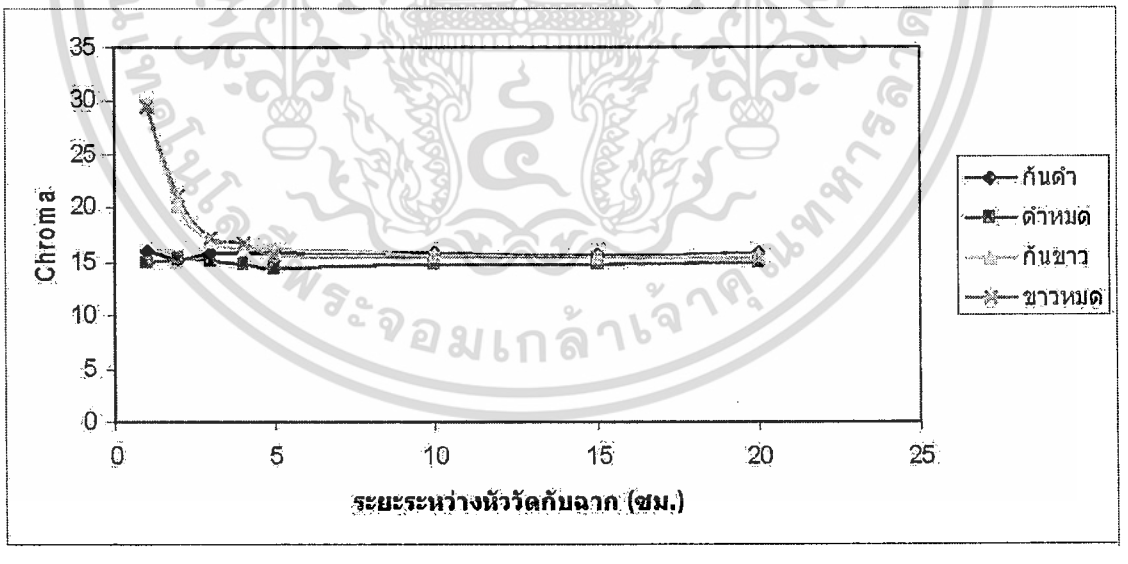
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L ค่า chromaและค่า hue ของน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้น 100% ที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากและสีของฉากต่างๆ(ต่อ)

ฉาก	ระยะระหว่างหัววัดกับฉาก (เซนติเมตร)	น้ำส้มที่ระดับความเข้มข้น 100%		
		Lเฉลี่ย	chromaเฉลี่ย	hueเฉลี่ย
ดำ (ด้านข้างทึบแสง)	1	34.72	21.72	70.1
	2	35.84	24.41	69.3
	3	36.09	24.86	69.1
	4	36.24	24.56	68.7
	5	36.29	23.61	68.4
	10	36.34	24.61	68.6
	15	36.36	22.4	67.5
	20	36.41	22.21	67.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

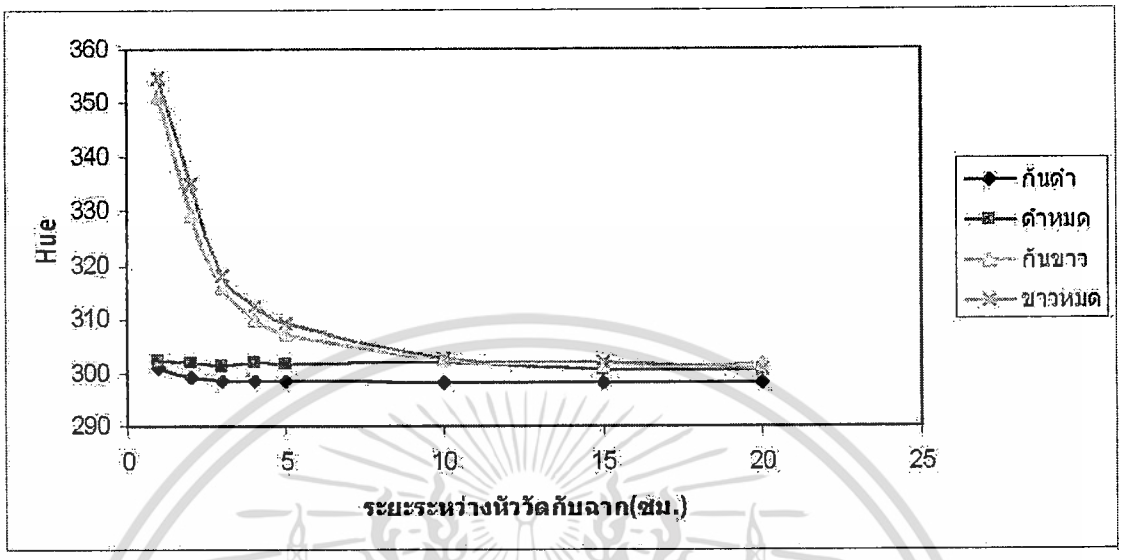


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 100%

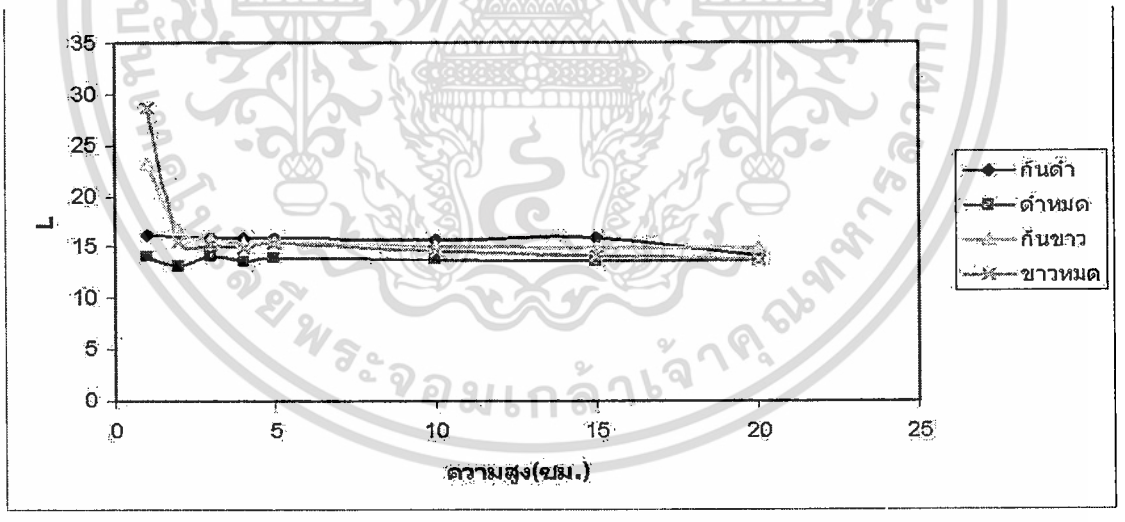


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

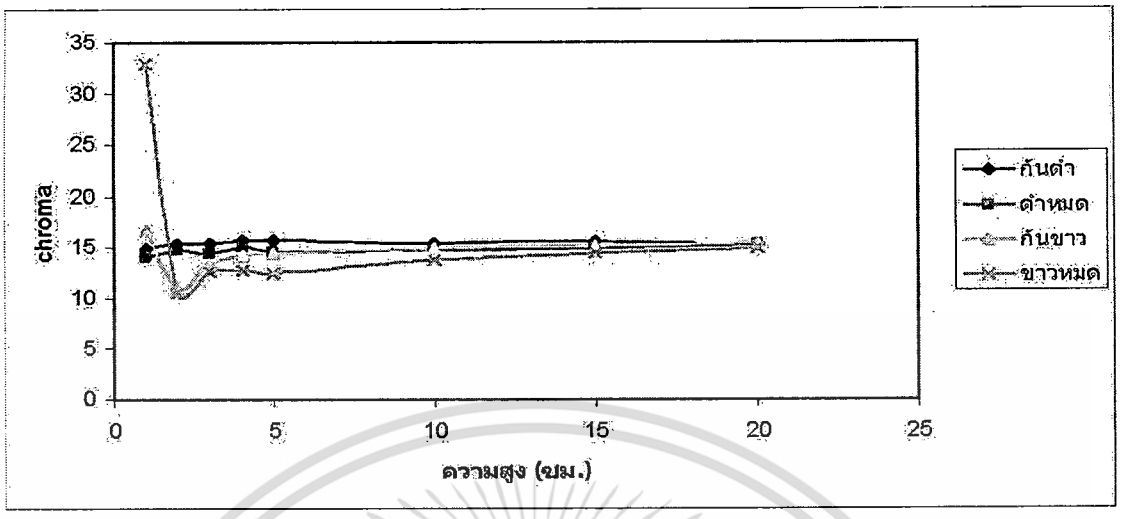


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำแดงที่ระดับความเข้มข้น 100%

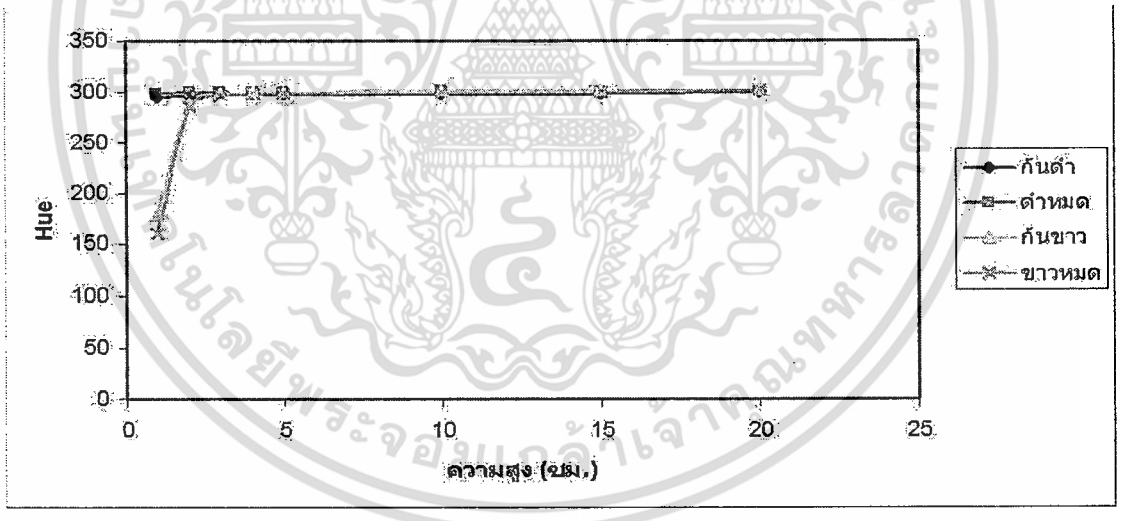


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำเขียวที่ระดับความเข้มข้น 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

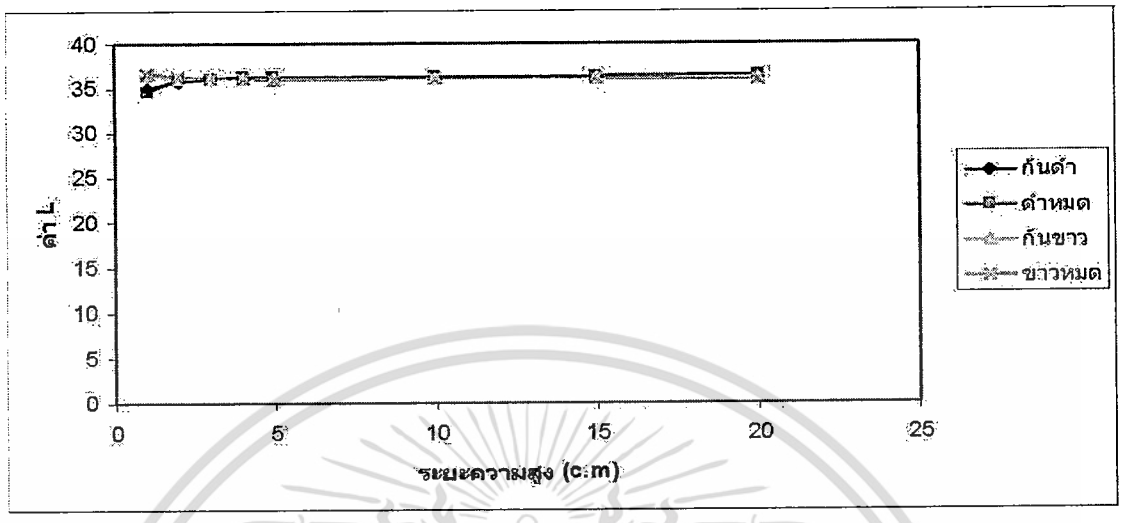


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำเขียวที่ระดับความเข้มข้น 100%

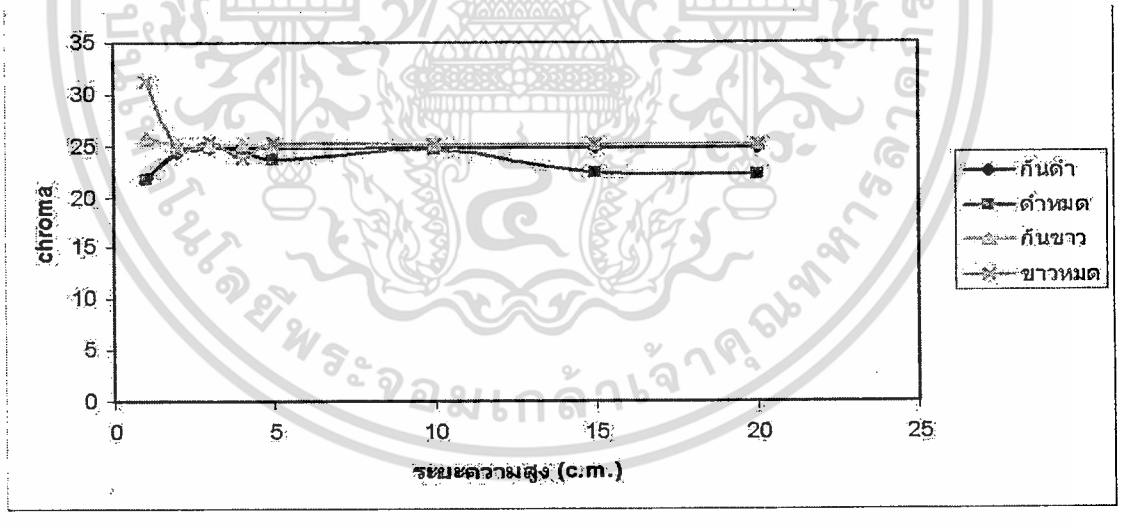


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำเขียวที่ระดับความเข้มข้น 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

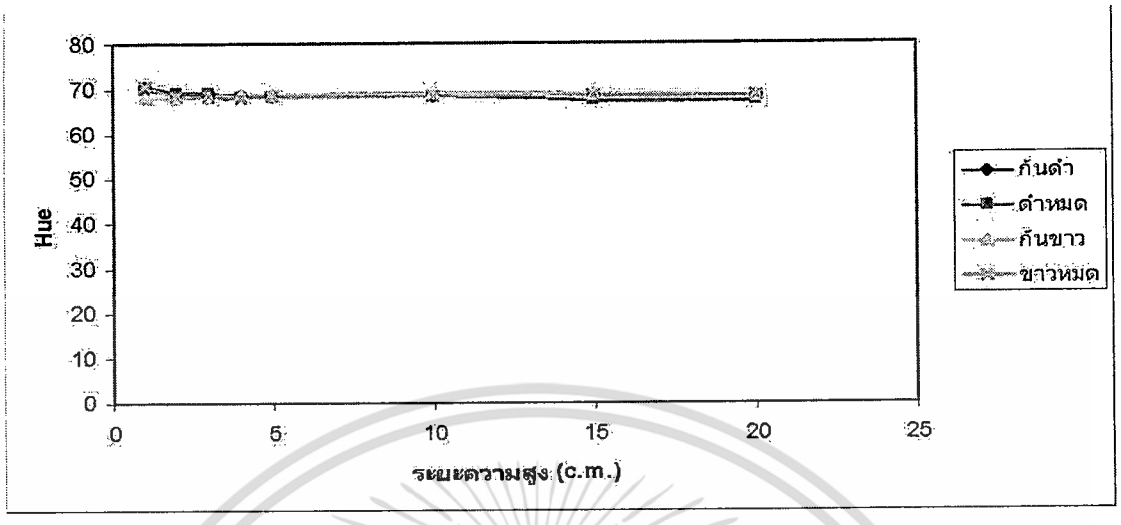


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้น 100%



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า chroma กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้น 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า hue กับระยะระหว่างหัววัดกับฉาก ที่สีฉากต่างๆ ของน้ำส้มที่ระดับความเข้มข้น 100%

4.3 ศึกษปัจจัยของระยะจากหัววัดจนถึงฉากช่วง 1 – 10 เซนติเมตร ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส

จากรูป 4.12 , 4.13 และ 4.14 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดจนถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ L, chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น พบว่า ค่าL หรือค่าความสว่างของสีนั้น เมื่อเพิ่มความระยะจากหัววัดถึงฉากจาก1 เซนติเมตร เป็น 2 เซนติเมตร จะทำให้ค่า L ลดลง นั่นคือสีมีความสว่างลดลงทุกๆความเข้มข้น และเมื่อเพิ่มระยะเพิ่มขึ้นอีก พบว่า ค่าL ไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว เส้นกราฟที่ได้จึงเป็นเส้นตรงที่ทุกความเข้มข้น ค่าChroma หรือค่าความเข้มสีของตัวอย่าง เมื่อเพื่อระยะวัดจาก 1 เป็น 2 เซนติเมตร พบว่า ค่า Chroma ลดลงค่อนข้างชัดเจนที่ความเข้มข้นสูงๆ แต่ที่ความเข้มข้นต่ำๆจะลดลงไม่มากนัก นั่นคือ เมื่อเพิ่มระยะวัดจาก 1 เป็น 2 เซนติเมตร จะทำให้สีอ่อนลงเมื่อเพิ่มจาก2 เซนติเมตร เป็นต้นไป พบว่าค่า Chroma ค่อนข้างคงที่ นั่นคือสีมีความเข้มสีเท่าเดิม สำหรับค่าHue ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกสีของตัวอย่าง ดังนั้นผลของค่าดังกล่าวจึงมีความสำคัญมากในระบบการวัดสีนี้ ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระยะวัดจาก1 เป็น 2 เซนติเมตร สีที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 350 – 10 องศา แต่เมื่อเพิ่มระยะขึ้นจาก2 เซนติเมตรเป็นต้นไป ค่าสีที่ได้ผิดเพี้ยนไปเป็นสีน้ำเงิน

จากรูป 4.15 , 4.16 และ 4.17 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดจนถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ L, chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น พบว่า ค่าL หรือค่าความสว่างของสีนั้น มีแนวโน้มเดียวกับตัวอย่างน้ำแดง นั่นคือ เมื่อเพิ่มระยะจากหัววัดถึงฉากจาก1 – 2 เซนติเมตร จะทำให้ค่า L ลดลง สีมีความสว่างลดลงที่ทุกๆ ความเข้มข้น และเมื่อเพิ่มระยะขึ้น พบว่าค่าL ไม่เปลี่ยนแปลงกราฟที่ได้เป็นเส้นตรงทุกความเข้มข้น ค่า Chroma หรือค่าความเข้มสี ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำแดงคือ เมื่อเพิ่มระยะจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-2 เซนติเมตร ค่าChroma จะลดลง ที่ความเข้มข้นสูงๆ แต่เมื่อความเข้มข้นลดลงค่าChroma จะลดลงด้วยเช่นกัน แต่ให้ค่าไม่ชัดเจนนัก ซึ่งสีจะอ่อนลงเมื่อค่าความเข้มข้นสูงจะได้ค่าChroma มาก สีจึงเข้มข้นกว่าตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำ สำหรับระยะที่ 2 เซนติเมตร เป็นต้นไป ค่า Chroma จะคงที่ สำหรับค่า Hue พบว่า ที่ 1 เซนติเมตร จะได้ค่าอยู่ในช่วง 137 – 179 องศา ซึ่งเป็นค่าของสีเขียวแต่เมื่อเพิ่มระยะขึ้นไปเรื่อยๆ ค่าสีที่เครื่องวัด วัดได้จะให้สีที่ผิดเพี้ยนไปได้สีที่อยู่ในช่วงสีน้ำเงินซึ่งไม่ใช่ค่าสีของตัวอย่างที่ปรากฏออกมา

และจากรูป 4.18 , 4.19 และ 4.20 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตรา โกลด์แพนที่ทุกๆความเข้มข้นพบว่าค่าL เมื่อเพิ่มระยะการวัดจาก 1 เป็น 2 เซนติเมตร จะทำให้ค่า L ที่ได้ลดลงมีผลทำให้ค่าความสว่างลดลง และถ้าเพิ่มระยะการวัดมากขึ้นเรื่อยๆ ค่าความสว่างของสีส้มนี้จะมีค่าคงที่ ค่า

Chroma หรือค่าความเข้มสี พบว่าที่ระยะที่ 1-2 เซนติเมตร ค่า Chroma จะลดลง มีผลให้ความเข้มสีลดลง ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ค่า Chroma จะเพิ่มขึ้น ในทางเดียวกันเมื่อความเข้มข้นลดลง ค่า Chroma ก็จะลดลงไปด้วย เมื่อวัดที่ 2 เซนติเมตร เป็นต้นไป ค่าความเข้มสีนี้จะไม่เปลี่ยนแปลง ที่ทุกความเข้มข้น

สำหรับค่า Hue เนื่องจากตัวอย่างของน้ำส้มที่นำมาวัดค่อนข้างมีความขุ่น เมื่อวัดค่าสีต่างๆ พบว่าระยะจากหัววัดถึงฉาก ไม่มีผลต่อค่าสีที่ได้ นั่นคือ ไม่ว่าจะเพิ่มระยะจาก1 จนถึง 10 เซนติเมตร ค่าHue ที่ได้จะอยู่ในช่วง 67 – 94 องศา ซึ่งเป็นสีน้ำเงิน ที่ความเข้มข้นมากสุดจนถึงความเข้มข้นที่20% แต่ที่ความเข้มข้น 5% และ 10% เมื่อวัดค่า Hue จะได้ค่าที่ผิดพลาดเมื่อวัดที่ระยะตั้งแต่ 3 เซนติเมตรเป็นต้นไป จะได้ค่าอยู่ในช่วง 300 – 358 องศา ซึ่งเป็นค่าของสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย เข้มข้น ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	19.66	29.73	351.3
2	16.11	20.22	329.5
3	15.73	16.8	316
4	15.05	16.17	310.1
5	14.62	16.19	307.3
10	14.42	15.71	302.2

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 80 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	18.71	29.66	356.5
2	14.32	18.64	329.9
3	13.61	16.61	320.3
4	13.36	15.2	312.6
5	12.99	15.02	308.9
10	12.82	14.39	302.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 60 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	18.77	28.89	357.5
2	14.39	18.54	332
3	13.53	16.51	321.5
4	13.12	15.43	314.3
5	12.88	14.66	309.1
10	12.61	14.27	303.2

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 40 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	20.44	31.36	363.4
2	14.88	19.27	337.2
3	13.51	16.32	322.8
4	13.03	15.21	315.3
5	12.69	14.77	309.8
10	12.44	14.21	304.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 20 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	24.15	34.38	370.7
2	16.36	20.81	346.4
3	13.87	16.16	322.8
4	13.36	15.37	318.9
5	12.88	14.86	312.5
10	12.48	14.16	305

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 10 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

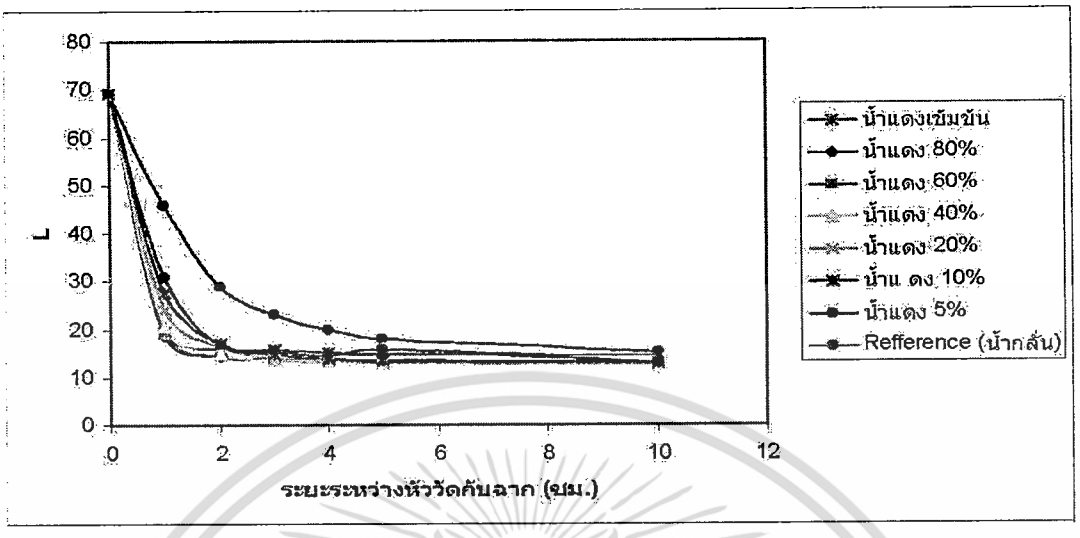
	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	27.59	32.97	370.2(10.2)
2	17.03	20.04	347.9
3	14.71	16.32	330.5
4	13.88	15.36	321.1
5	13.33	14.58	313.5
10	12.75	14	305.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

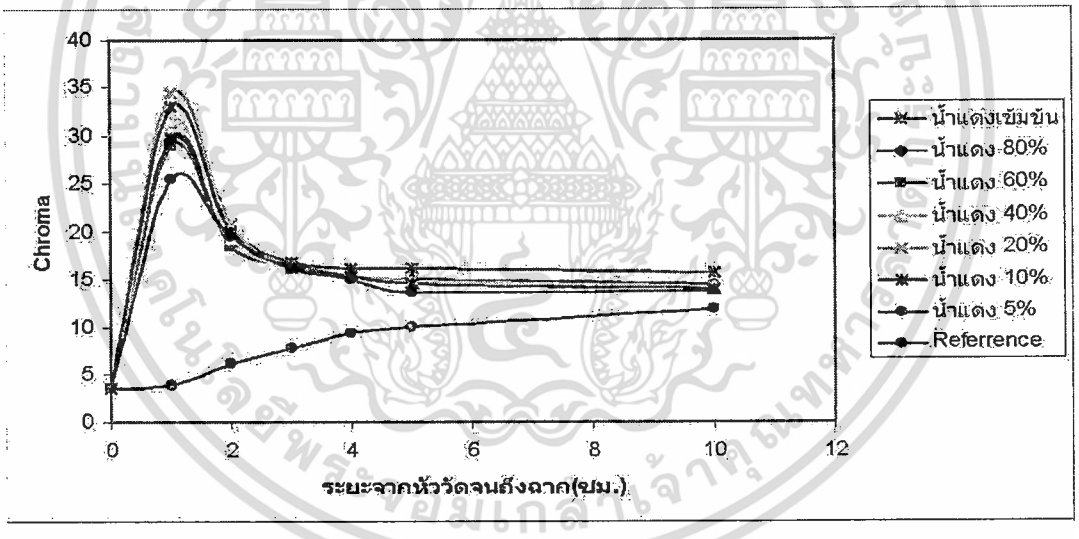
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าL , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 5 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	30.78	25.45	365.6(5.6)
2	16.78	19.48	350
3	15.4	16.2	334.3
4	14.51	15.07	324.6
5	15.56	13.57	315.9
10	12.74	13.72	305.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

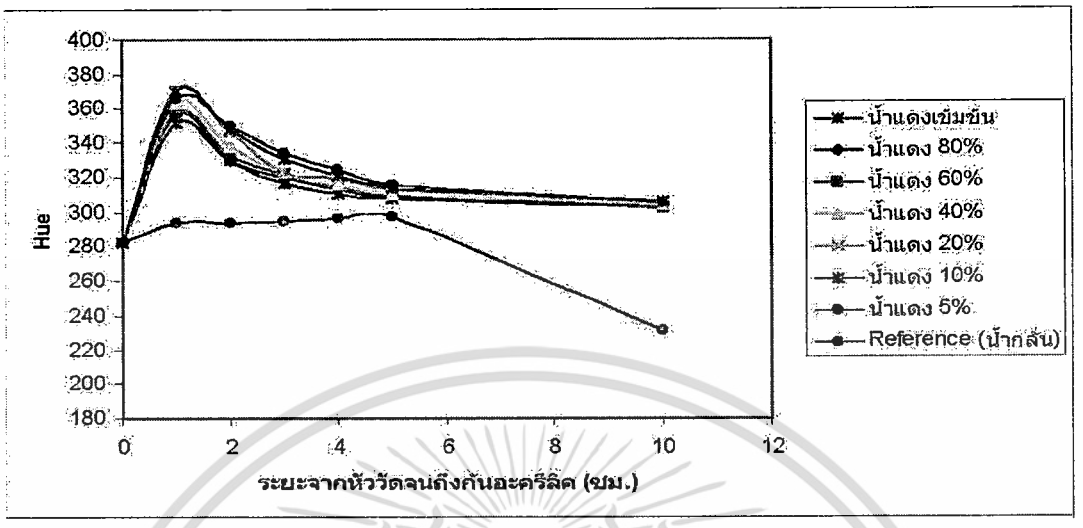


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของL ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ Chroma ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ Hue ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย เข้มข้น ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	23.21	16.67	178.9
2	16.72	10.96	287.8
3	15.84	13.47	297.6
4	15.45	14.34	300
5	15.5	14.41	300.1
10	15.01	14.93	300.8

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 80 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	29.43	35.41	159.4
2	15.74	8.6	265.4
3	13.81	12.96	294.5
4	13.38	14.17	298.6
5	13.34	14.36	299.2
10	13.16	14.8	299.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าL , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 60 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	30.2	35.87	157.5
2	16.85	7.93	237
3	14.45	10.85	285.2
4	13.57	13.07	295.2
5	13.22	13.99	298.2
10	13.02	14.52	299.7

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าL , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 40 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	33.43	37.45	151.8
2	17.58	8.18	218.3
3	14.76	9.66	278.4
4	13.87	11.7	290.3
5	13.28	13.17	296.2
10	12.94	14.21	299.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 20 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	37.59	34.33	144.1
2	20.75	11.72	181.2
3	16.1	7.51	254.5
4	14.91	9.14	276.00
5	13.86	11.44	298.5
10	12.93	13.73	298.4

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าL , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 10 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

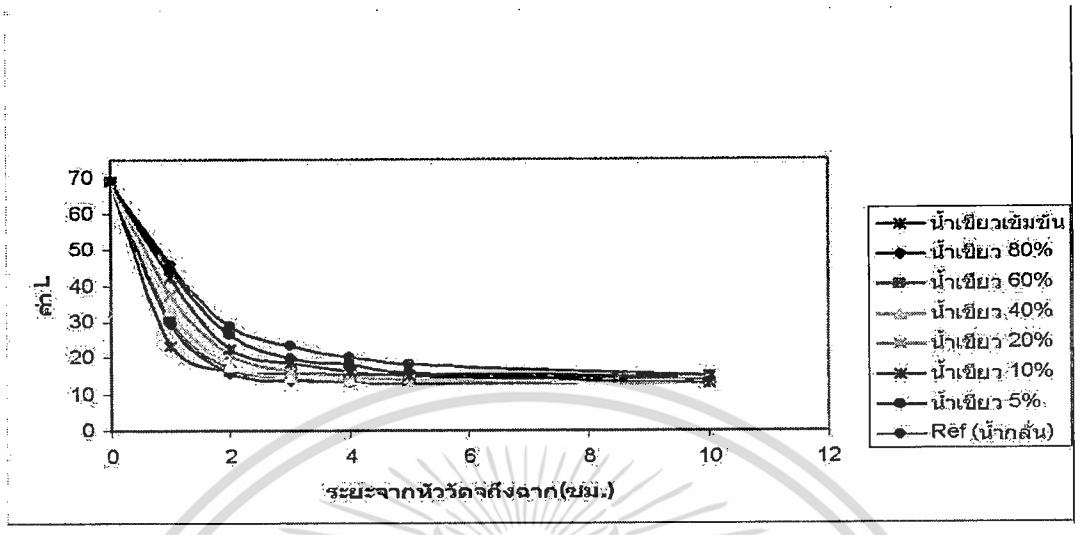
	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	42.24	27.00	137.2
2	22.42	10.37	172.8
3	18.44	6.46	216.0
4	16.35	6.94	256.4
5	14.96	9.05	279.6
10	13.2	5.74	296.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

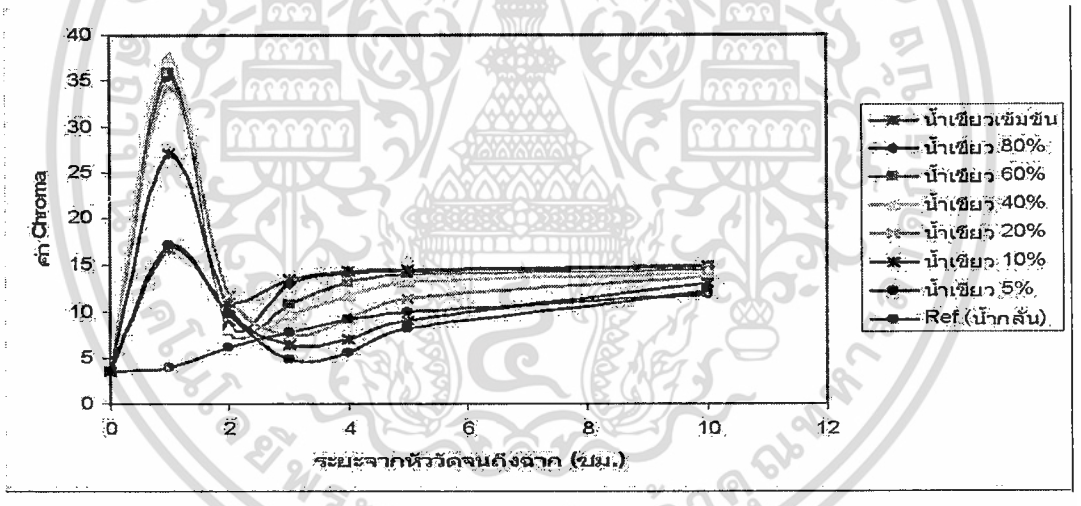
ตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าL , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 5 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	44.76	17.04	136.5
2	26.27	9.85	155.2
3	19.85	4.86	212.8
4	18.06	5.48	247.7
5	15.87	8.22	277.6
10	13.83	12.15	293.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

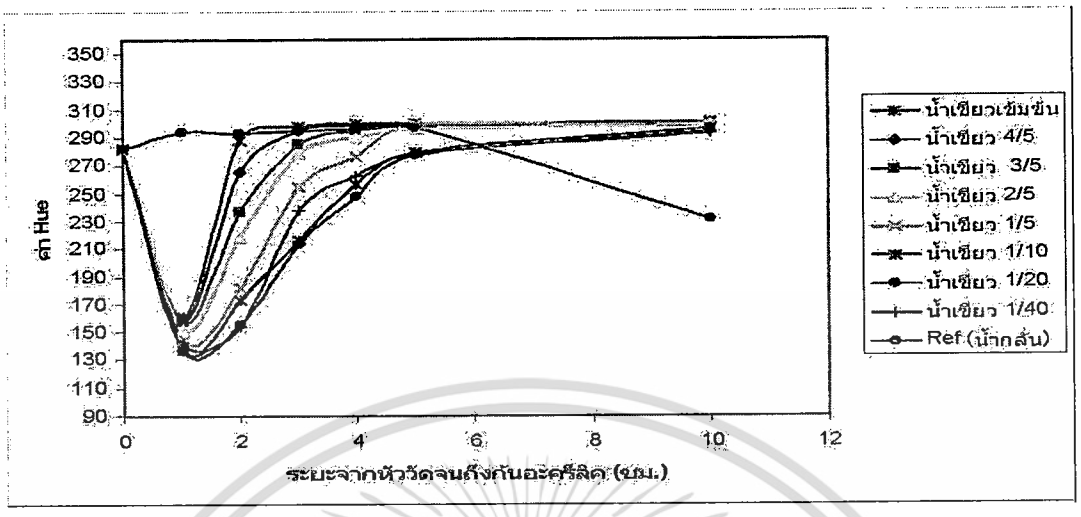


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของL ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของChroma ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียวตราเฮลล์บลูบอย ที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้ม ตราโกลด์แพน เข้มข้น ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	37.75	25.4	67.5
2	37.02	24.6	67.7
3	37.08	24.72	68.1
4	37.06	24.74	68.2
5	37.06	24.7	68.2
10	37.1	24.64	68.3

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าL , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 80 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	36.76	24.11	69.1
2	35.76	21.91	69.2
3	35.71	21.86	69.4
4	35.73	21.83	69.4
5	35.72	21.86	69.5
10	35.73	21.04	69.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 60 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	35.58	21.09	70.4
2	33.83	18.03	70.3
3	33.69	17.69	70.7
4	33.63	17.63	70.9
5	33.62	17.55	70.7
10	33.64	17.52	71.1

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 40 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	35.62	20.84	73
2	30.87	12.5	69.93
3	30.45	11.74	69.8
4	30.4	11.64	70
5	30.38	11.38	70.6
10	30.31	11.4	70.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 20 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	36.99	22.1	80.8
2	26.64	6.11	53
3	25.42	4.18	41.4
4	25.06	3.54	35.9
5	24.86	3.3	32.7
10	24.8	3.06	31.1

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 10 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

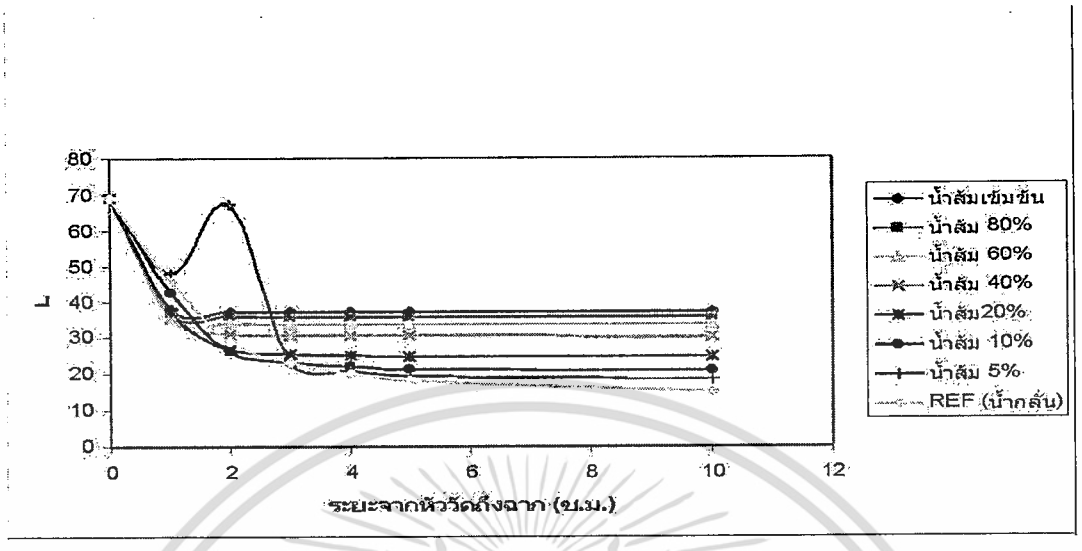
	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	42.32	22	89.4
2	26.44	6.26	56.2
3	23.12	3.84	354.6
4	21.84	4.37	325.3
5	21.42	4.82	317.6
10	20.8	5.28	307.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

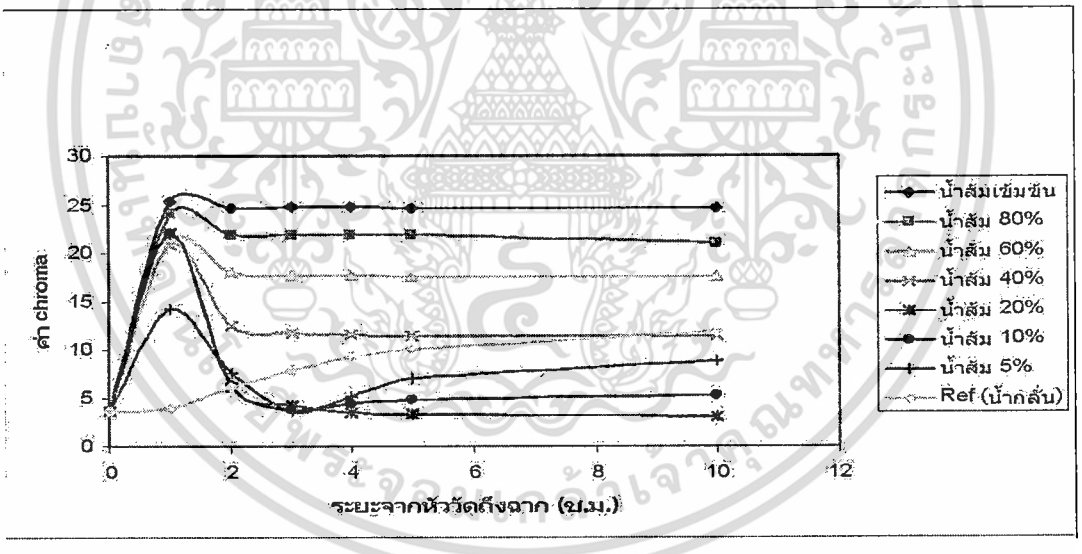
ตารางที่ 4.25 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 5 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	69.16	3.56	282.4
1	42.32	22	89.4
2	26.44	6.26	56.2
3	23.12	3.84	354.6
4	21.84	4.37	325.3
5	21.42	4.82	317.6
10	20.8	5.28	307.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

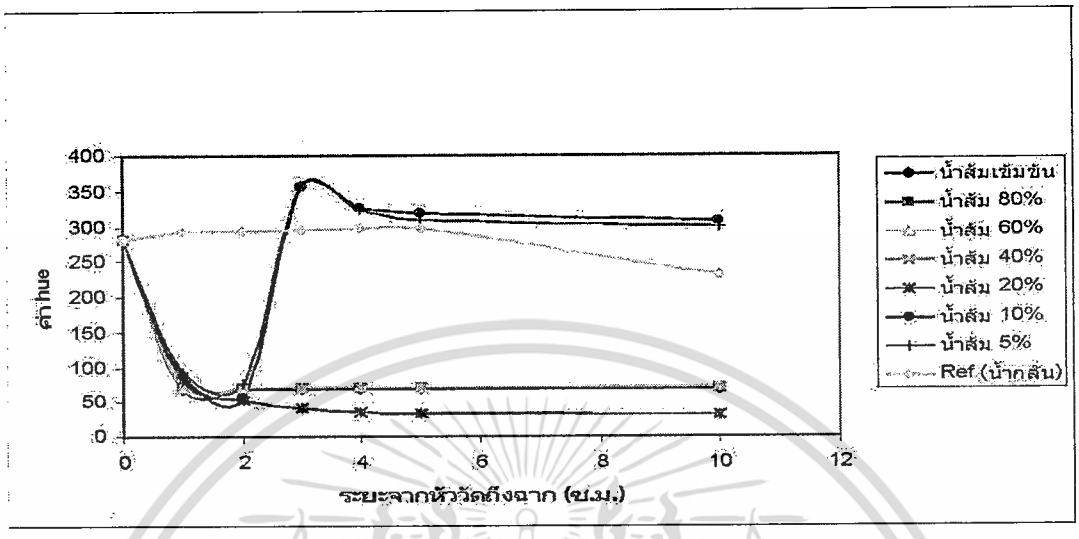


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ที่ทุกๆความเข้มข้น



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ Chroma ของตัวอย่างน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลด์แพน ที่ทุกๆความเข้มข้น

4.4 ศึกษาปัจจัยระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉากที่ระยะ0.2-1 เซนติเมตรและความเข้มข้นของน้ำแดงเฮลบลูบอยที่มีผลต่อการวัดสีอาหารเหลวโปร่งใส

จากรูปที่ 4.21 ,4.22 และ4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า L ค่าChroma และค่าHue กับระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉาก ที่ระยะ0.2เซนติเมตร ให้ค่า L ที่ชัดเจนและถูกต้องตามระดับความเข้มข้นของน้ำแดงเฮลบลูบอย โดยน้ำกลั่นจะมีค่า L สูงสุด รองลงมาเป็นน้ำแดงที่มีระดับความเข้มข้น5% ,10%,20%,40%,60%,80% และ 100% ตามลำดับ เนื่องจากอาหารเหลวโปร่งใสที่มีความเข้มข้นน้อย จะมีระดับความเข้มของสีน้อย ทำให้มีค่าความสว่างมาก ส่วนที่ระยะหลัง0.2เซนติเมตรยังคงให้ค่าที่เป็นแนวโน้มถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน ส่วนค่าChroma ที่ระยะ0.2 ให้Chroma ถูกต้องและชัดเจนเช่นกันแต่หลังระยะ0.2เซนติเมตร ค่าChroma เริ่มผิดไปจากความจริงโดยจะเห็นได้ชัดเจนว่าที่ระยะ0.6เซนติเมตรน้ำแดงเฮลบลูบอยที่ความเข้มข้น 10 % มีค่าChroma มากกว่าที่ความเข้มข้น100% และเมื่อพิจารณาค่า Hue ตั้งแต่ระยะ0.2เซนติเมตรให้ค่าHue ที่คงที่ประมาณ350 ซึ่งจะให้ค่าที่เป็นสีแดง ดังนั้นระยะที่เหมาะสมสำหรับการวัดสีอาหารเหลวโปร่งใสคือที่ระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่0.2เซนติเมตร และระดับความเจือจางของอาหารเหลวโปร่งใสที่ยังคงให้ค่าที่ถูกต้องที่สุดคือที่ความเข้มข้น 40 % แต่ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่ายังสามารถวัดค่าสีได้แต่ค่าที่ได้ทั้งค่า Lค่า Chroma และค่าHue นั้นจะเริ่มผิดไปจากความเป็นจริงเนื่องจากเมื่ออาหารเหลวโปร่งใสมีความเจือจางมากจะทำให้การสะท้อนแสงของเครื่องวัดสี Minolta colorimeter CR 300 นั้นไม่สามารถสะท้อนค่าสีที่แท้จริงออกมาได้ แสงส่วนใหญ่จากเครื่องวัดสีจะสะท้อนผ่านอาหารเหลวไปสะท้อนกับฉาก ทำให้ค่าสีทั้งค่า Lค่า Chroma และค่าHue นั้น เป็นค่าที่ได้จากการสะท้อนแสงจากฉากเป็นส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 100 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	34.16	51.83	375.3
0.6	25.53	47.2	376.9
1	19.66	29.73	351.3

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 80 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	22.12	47.27	363.0
0.6	25.41	43.13	377.6
1	18.71	29.66	356.5

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 60 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	39.78	48.21	367.6
0.6	25.45	44.72	378.9
1	18.77	28.89	357.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 40 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	45.05	41.44	363.4
0.6	28.76	46.28	380.8
1	20.44	31.36	363.4

ตารางที่ 4.30 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 20 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	57.72	19.33	358.1
0.6	34.55	44.35	375.8
1	24.15	34.38	370.7

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 10 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	54.13	21.73	362.2
0.6	37.47	31.38	368.1
1	27.59	32.97	370.2

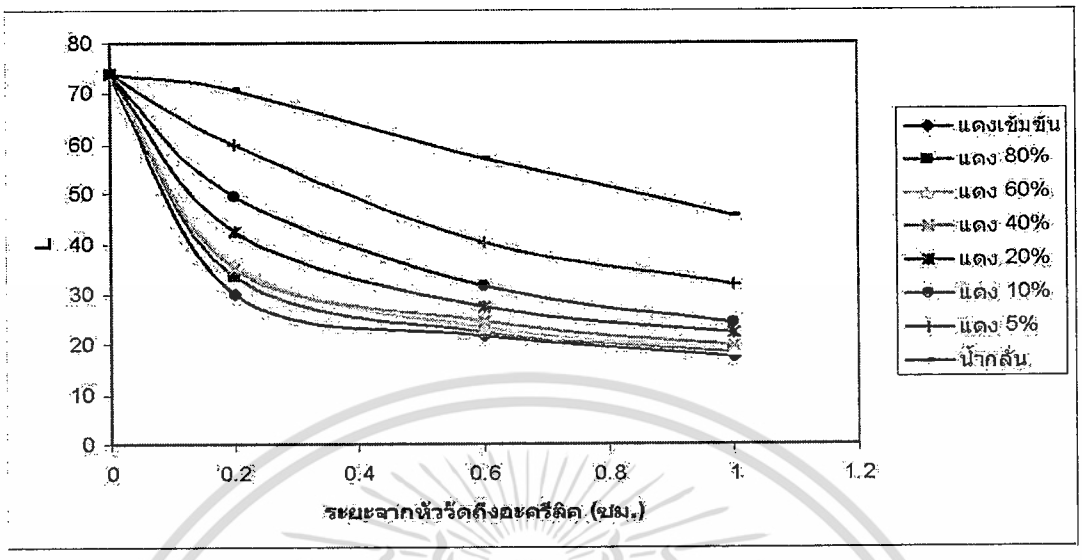
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hueของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 5 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

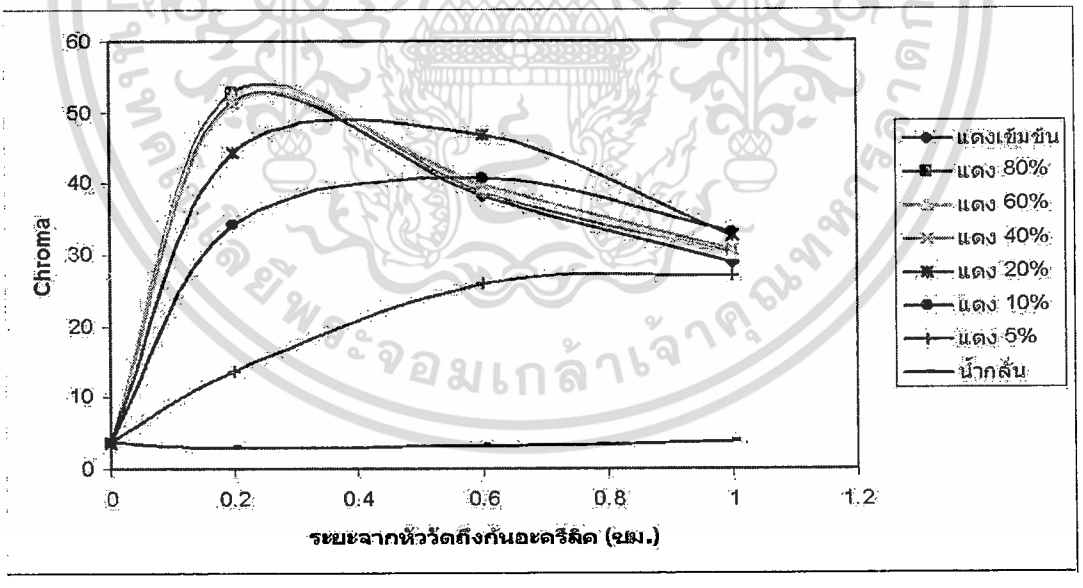
	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	58.33	21.73	362.2
0.6	30.78	25.45	365.6
1	30.78	25.45	365.6

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

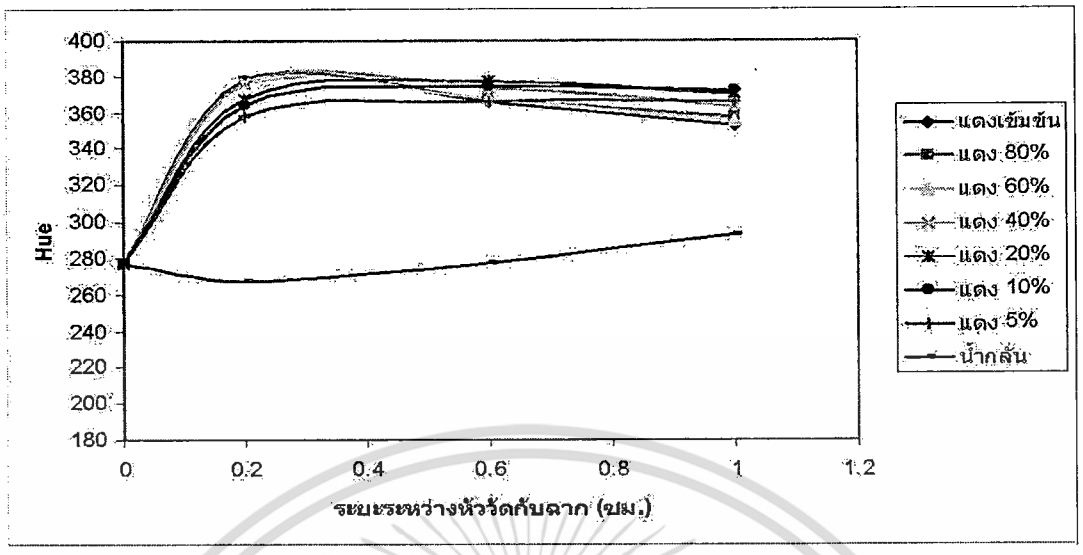


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ L ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลบลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของChroma ของตัวอย่างน้ำแดง ตราเฮลบลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของ Hue ของตัวอย่างน้ำแดงตราเฮลบลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.33 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hueของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 100 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	50.62	58.06	138.7
0.6	32.19	45.41	153.3
1	23.21	16.67	178.9

ตารางที่ 4.34 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 80 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	57.54	57.88	133.1
0.6	34.95	49.48	150.8
1	29.43	35.41	159.4

ตารางที่ 4.35 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 60 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	55.78	57.19	134
0.6	36.39	49.07	148.7
1	30.2	35.87	157.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 40 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	57.12	49.31	132.8
0.6	44.24	54.13	142.1
1	33.43	37.45	157.5

ตารางที่ 4.37 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 20 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	64.19	27.02	131.6
0.6	48.87	45.05	137
1	37.59	34.33	144.1

ตารางที่ 4.38 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 10 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

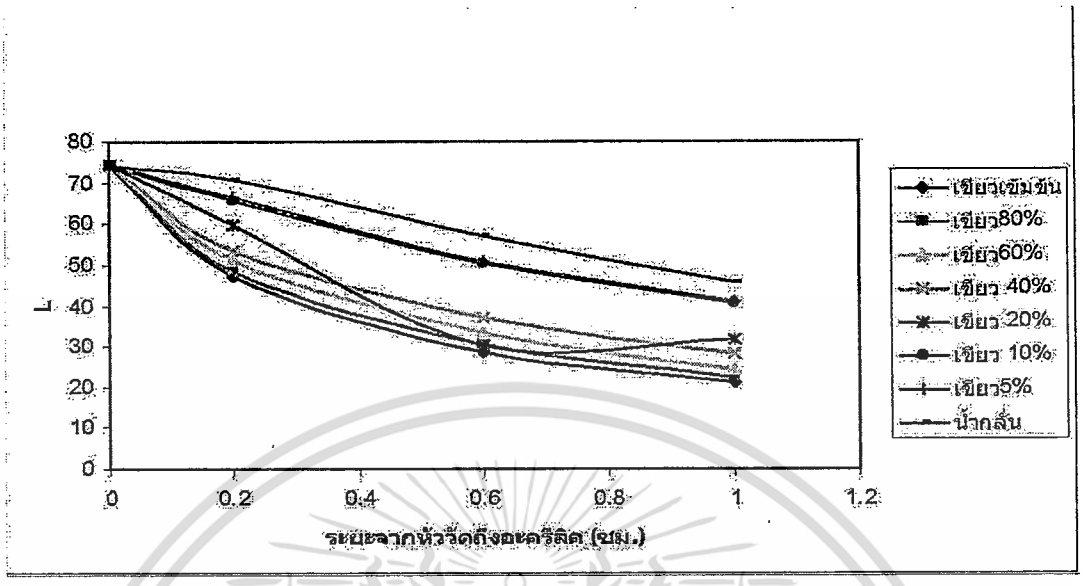
	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	64.49	18.05	132.4
0.6	46.12	35.66	135.1
1	42.24	27	137.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

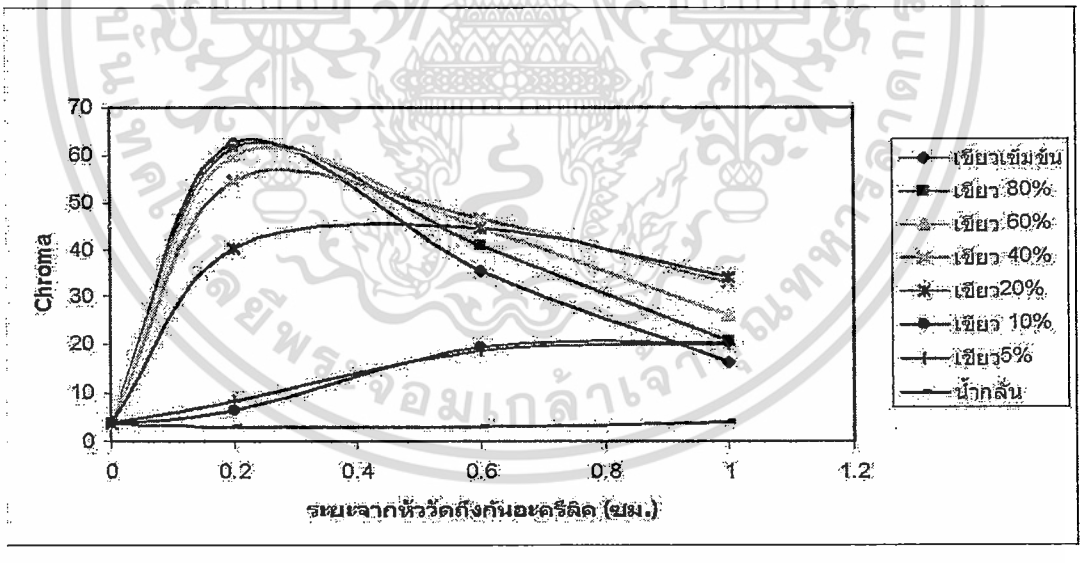
ตารางที่ 4.39 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลล์บลูล์บอย ความเข้มข้น 5 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	61.77	17.84	132.5
0.6	50.73	26.49	132.8
1	44.76	17.04	136.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

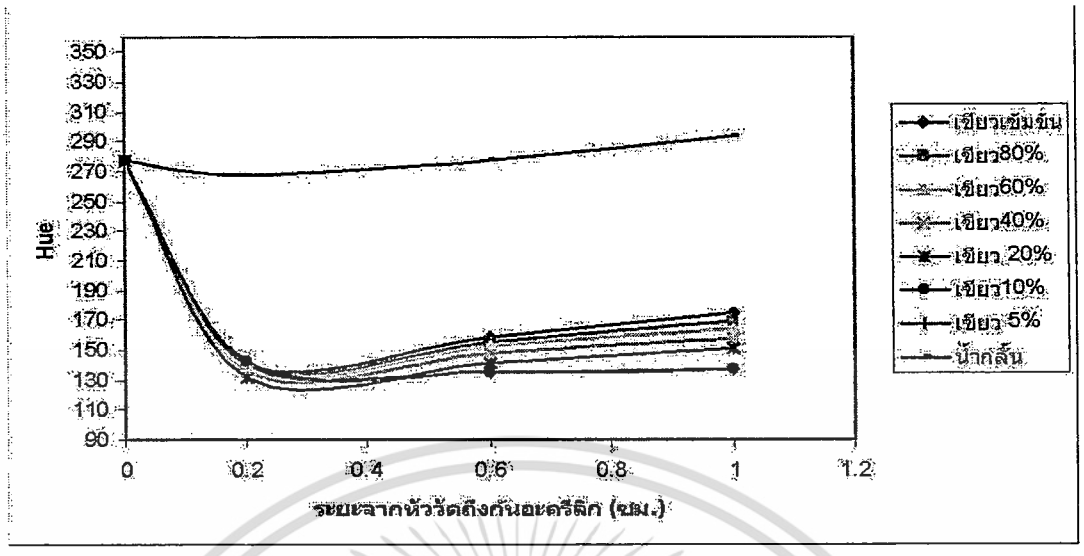


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยของL ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลบลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยChroma ของตัวอย่างน้ำเขียว ตราเฮลบลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยChroma ของตัวอย่างน้ำเขียวตราเฮลบลูบอยที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.40 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 100 % ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	51.91	50.21	77.6
0.6	41.27	33.75	68
1	39.84	31.19	67.5

ตารางที่ 4.41 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 80% ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	52.07	49.38	79.7
0.6	41.06	32.69	70.1
1	36.91	25.42	67.7

ตารางที่ 4.42 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 60% ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	54.18	49.12	83.8
0.6	41.68	33.05	73.6
1	36.02	23.53	69.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.43 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 40% ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	62.29	34.85	91.1
0.6	44.82	36.81	80.4
1	62.29	34.85	91.1

ตารางที่ 4.44 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 20% ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	65.33	19.27	94.9
0.6	48.53	34.86	87.7
1	36.61	23.35	79.5

ตารางที่ 4.45 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 10% ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

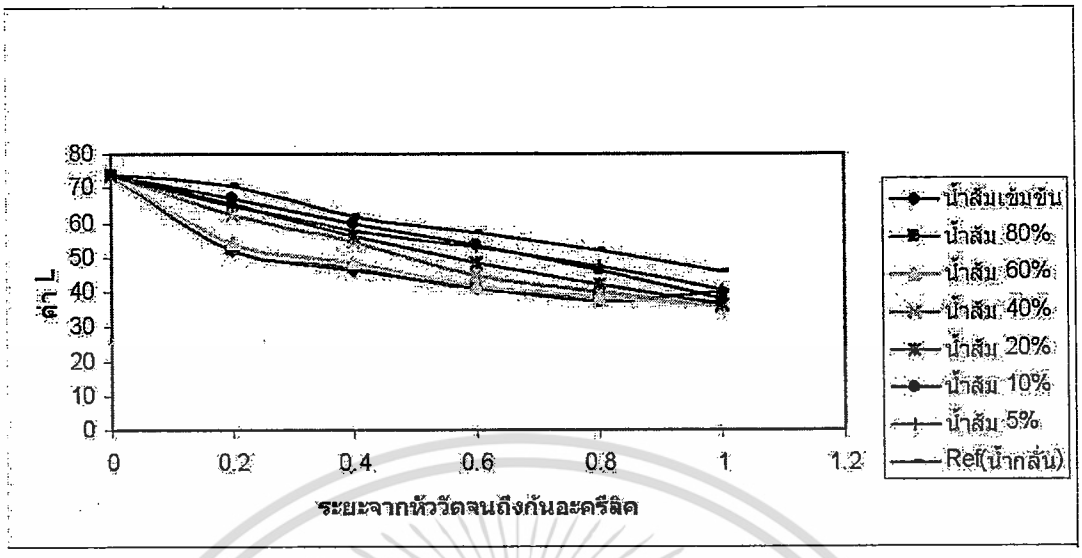
	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	66.94	9.5	97.9
0.6	53.35	23.69	93
1	37.99	21.3	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

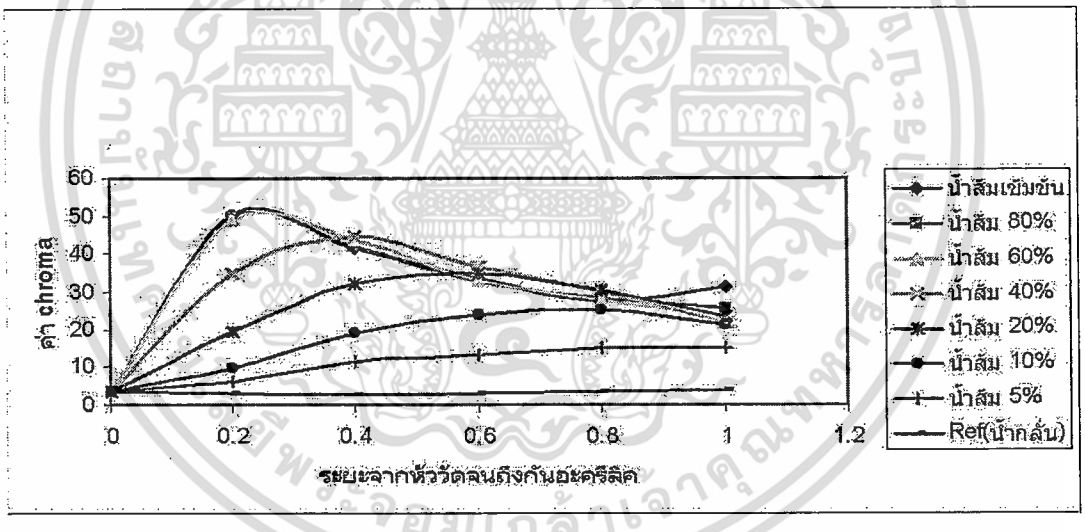
ตารางที่ 4.46 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า L , Chroma และ Hue ของตัวอย่างน้ำส้มตราโกลแพน ความเข้มข้น 5% ที่ระยะจากหัววัดถึงฉากต่างๆ

	Lเฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0	74	3.58	277.1
0.2	64.78	6.06	98.4
0.6	53.24	13.3	95.6
1	40.4	15.1	90.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

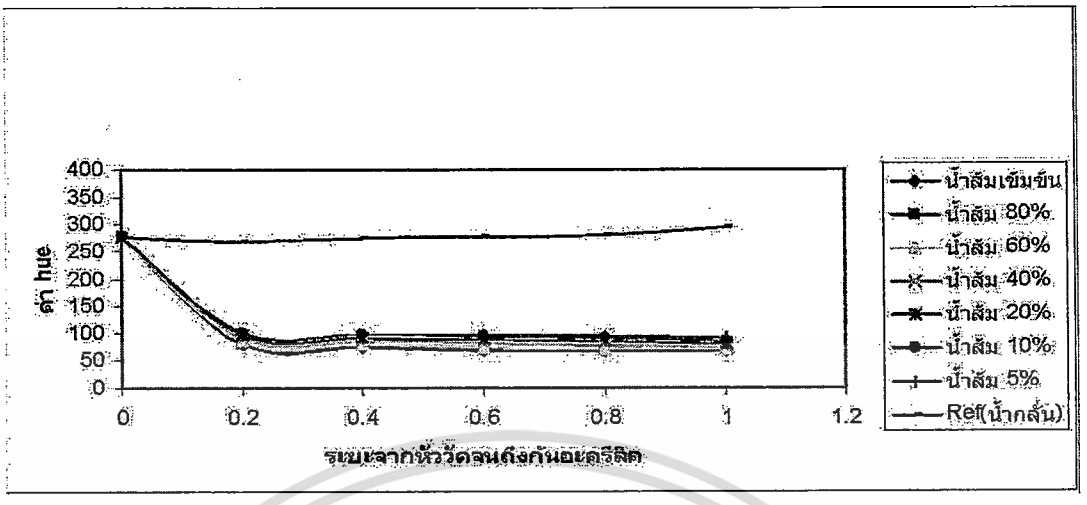


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยL ของตัวอย่างน้ำส้ม ตราโกลแพนที่ทุกๆความเข้มข้น



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยChroma ของตัวอย่างน้ำส้ม ตราโกลแพนที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยHue ของตัวอย่างน้ำส้ม ตราโกลแพนที่ทุกๆความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5การออกแบบภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใส

จากการศึกษาปัจจัยพื้นที่หน้าตัด สีของฉาก ระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉาก และระดับความเข้มข้นของอาหารเหลวโปร่งใส พบว่า พื้นที่หน้าตัดไม่มีผลต่อค่าสี ระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉากที่ดีที่สุดคือ0.2 เซนติเมตร และระดับความเข้มข้นที่ยังคงให้ค่าสีที่ถูกต้องคือ40% ดังนั้นภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งแสงที่ได้จึงเลือกใช้กระเบื้องแทนพลาสติกสีขาวเนื่องจากพลาสติกสีขาวนั้นเมื่อเป็นระยะเวลานานจะทำให้สีของพลาสติกเปลี่ยนแปลงไป ค่าL ค่า Chroma และค่าHue ของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาผ่านไปนั้น จะทำให้ค่าL ค่า CHroma และค่าHue ของอาหารเหลวโปร่งใสเปลี่ยนไปด้วย นอกจากนี้การใช้พลาสติกยังทำความสะอาดได้ยาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายถ้าจะต้องเปลี่ยนพลาสติกที่ใช้บ่อยๆ ดังนั้นกระเบื้องจึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุด

สีของกระเบื้องจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป สามารถทำความสะอาดได้ง่าย ส่วนขนาดของภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใสนั้นจะมีขนาดเท่ากับ ขนาดของแผ่นกระเบื้องเนื่องจากไม่มีอิทธิพลของขนาดพื้นที่หน้าตัด ส่วนระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉากจะเท่ากับ0.2เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมาก ในการทำการทดลองอาดเกิดความผิดพลาดจากผู้ทดลอง ที่อาจวัดลึกเกินระยะ0.2เซนติเมตร หรืออาจวัดไม่ถึงที่ระยะ 0.2 เซนติเมตรและการใช้เครื่องวัดสี Minolta Colorimeter CR 300 นั้นจะต้องป้องกันไม่ให้อาหารเหลวไปสัมผัสกับตัวเซ็นเซอร์ซึ่งจะทำให้เครื่องเสียได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันเครื่องเสียหายและรักษาระยะการวัดที่0.2 เซนติเมตร จึงได้ออกแบบภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใสที่ทำการวัดในแนวนอน ผ่านอะคริลิคที่มีความหนาของอะคริลิคที่ 0.2 มิลลิเมตร

4.6 เปรียบเทียบค่า L,Chroma,Hue ที่ทำการวัดโดยสัมผัสของเหลวโดยตรงกับการวัดผ่านอะครีลิค

จากผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการวัดโดยสัมผัสของเหลวโดยตรงกับการวัดผ่านอะครีลิค พบว่าการวัดผ่านอะคริลิกให้ผลเป็นไปในแนวโน้มเดียวกันกับการวัดด้วยการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง จากกราฟที่4.30จะเห็นว่าค่าL ยังคงให้ค่ามากเมื่ออาหารเหลวโปร่งใสมีความเจือจางมากขึ้นทั้งน้ำแดง น้ำเขียวตราเฮลบลูบอยและน้ำส้มตราโกลแพน ส่วนค่าChroma เป็นค่าที่แสดงถึงความบริสุทธิ์ของสีดังนั้นเมื่ออาหารเหลวโปร่งใสมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ค่าChroma ก็จะมากขึ้นด้วยดังกราฟที่4.31 และเมื่อพิจารณากราฟ4.32 ค่า Hue ซึ่งเป็นค่าสีของอาหารเหลวโปร่งแสงที่ใช้ในการวัดดังนั้นความเข้มข้นจึงไม่มีผลต่อค่าHue นั่นคือทุกระดับความเข้มข้นของอาหารเหลวโปร่งใสแต่ละสีจะยังคงให้ค่าที่เป็นสีนั้นเท่ากันทุกระดับความเข้มข้น ดังกราฟที่4.32จะเห็นว่าที่น้ำแดงตราเฮลบลูบอยที่วัดโดยการสัมผัสของเหลวและวัดผ่านอะคริลิคนั้นมีค่าHue ที่ 370 ในทุกระดับความเข้มข้น น้ำเขียวตราเฮลบลูบอยที่วัดโดยการสัมผัสของเหลวและวัดผ่านอะคริลิคนั้นมีค่าHue ที่ 125 ในทุกระดับความเข้มข้น และน้ำส้มตราโกลแพนที่วัดโดยการสัมผัสของเหลวและวัดผ่านอะคริลิคนั้นก็ให้ค่าHue ที่ 60-70 ในทุกระดับความเข้มข้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นการบรรจุอาหารเหลวโปร่งใสลงในภาชนะบรรจุที่ออกแบบมาดังกล่าวแล้วมาทำการวัดด้วยการวัดผ่านอะคริลิกก็ให้ค่า L ค่า Chroma และค่าHue ที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.47 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า Chroma และค่า Hue ของน้ำแดง ตราเฮลบลูบอย วัดโดยการวัดผ่านอะคริลิค ระยะ 0.2 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

	ความเข้มข้น(%)	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0.2	100%	31.87	15.19	356.1
	80%	33.39	15.35	362
	60%	33.85	14.81	362.5
	40%	34.05	16.67	365.77
	20%	35.68	18.95	370.77
	10%	37.09	19.74	371.6
	5%	37.51	19.83	370.9
	น้ำกลั่น	70.76	2.88	267.8

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า Chroma และค่า Hue ของน้ำเขียว ตราเฮลบลูบอย วัดโดยการวัดผ่านอะคริลิค ระยะ 0.2 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

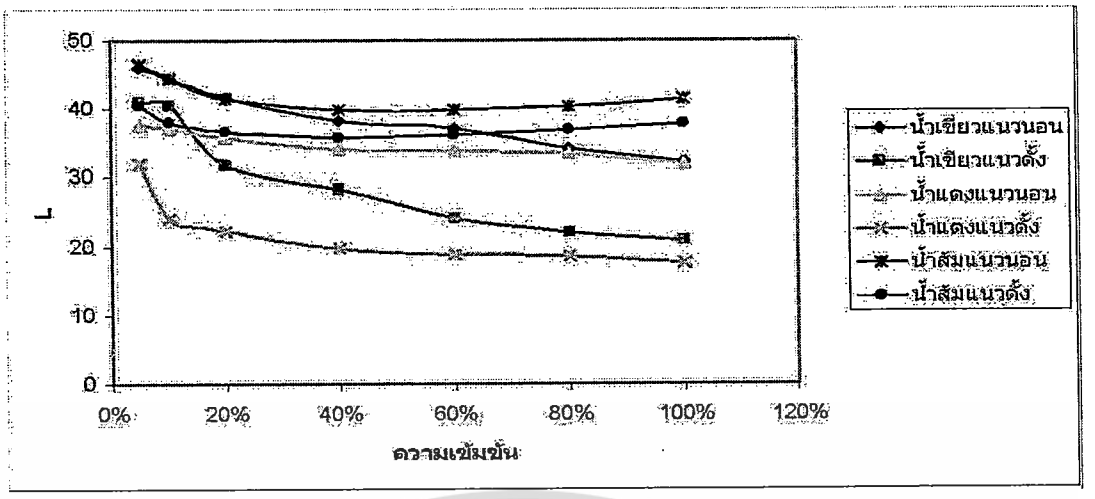
	ความเข้มข้น(%)	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0.2	100%	32.25	10.55	162.6
	80%	34.07	14.39	159.07
	60%	37.07	16.94	158.33
	40%	38.26	18.57	156.03
	20%	41.6	22.26	148.9
	10%	44.5	21.3	142.53
	5%	46.16	18.9	139
	น้ำกลั่น	70.76	2.88	267.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

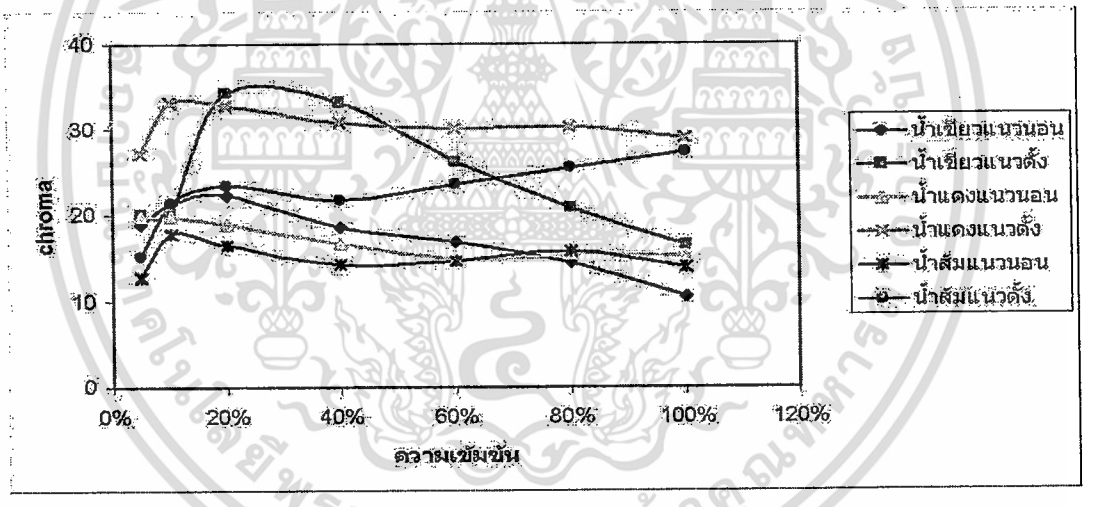
ตารางที่ 4.49 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Lค่า Chroma และค่า Hue ของน้ำส้ม ตราโกลแพน วัดโดยการวัดผ่านอะคริลิค ระยะ 0.2 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

	ความเข้มข้น(%)	L เฉลี่ย	Chroma เฉลี่ย	Hue เฉลี่ย
0.2	100%	41.38	13.87	56
	80%	40.26	15.77	64.5
	60%	39.88	14.7	66
	40%	39.74	14.23	68.8
	20%	41.46	16.49	78.7
	10%	44.36	17.79	88.3
	5%	46.59	12.86	92.9
	น้ำกลั่น	70.76	2.88	267.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

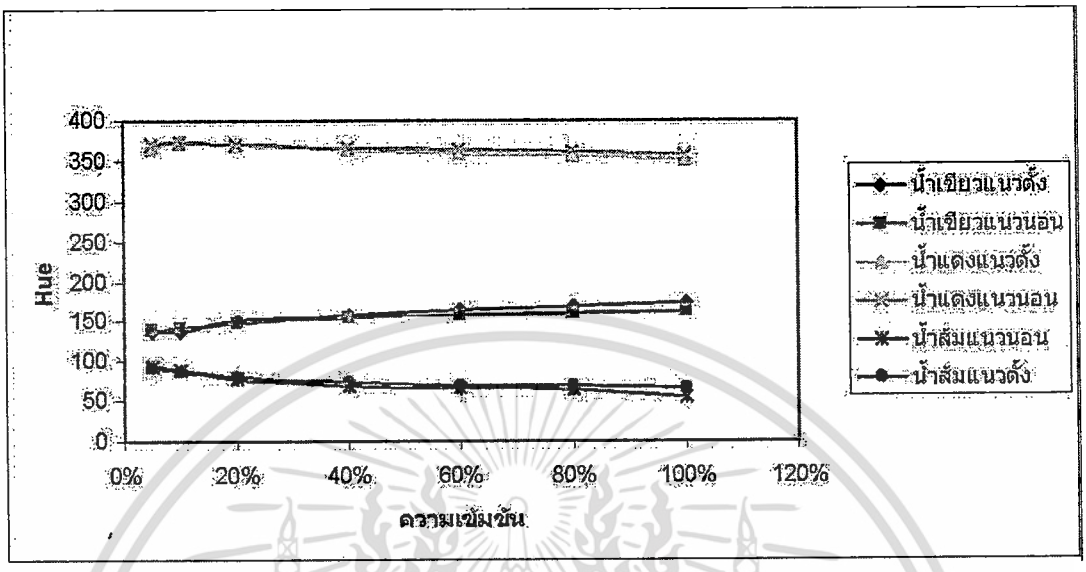


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยL ของตัวอย่างโดยการวัดผ่านอะคริลิค



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยChroma ของตัวอย่างโดยการวัดผ่านอะคริลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากหัววัดถึงฉากกับค่าเฉลี่ยHue ของตัวอย่างโดยการวัดผ่านอะคริลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 จากการศึกษาปัจจัยพื้นที่หน้าตัด สีของฉาก ระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉาก และระดับความเข้มข้นของอาหารเหลวโปร่งใส พบว่า พื้นที่หน้าตัดไม่มีผลต่อค่าสี ระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉากที่ดีที่สุดคือ0.2 เซนติเมตรซึ่งมีฉากสีขาว ช่วยในการสะท้อนแสงของตัวเครื่องมือที่ใช้วัด และระดับความเข้มข้นที่ยังคงให้ค่าสีที่ถูกต้องคือ 40% ดังนั้นภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งแสงที่ได้จึงเลือกใช้กระเบื้องแทนพลาสติกสีขาว เนื่องจากพลาสติกสีขาวนั้นเมื่อเป็นระยะเวลานานจะทำให้สีของพลาสติกเปลี่ยนแปลงไป ค่า L ค่า Chroma และค่าHue ของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาผ่านไปนั้น จะทำให้ค่า L ค่า Chroma และค่าHue ของอาหารเหลวโปร่งใสเปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นกระเบื้องจึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุด

สีของกระเบื้องจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป สามารถทำความสะอาดได้ง่าย ส่วนขนาดของภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใสนั้นจะมีขนาดเท่ากับ ขนาดของแผ่นกระเบื้องเนื่องจากไม่มีอิทธิพลของขนาดพื้นที่หน้าตัด ส่วนระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉากจะเท่ากับ0.2เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่น้อยมาก ในการทำการทดลองอาดเกิดความผิดพลาดจากผู้ทดลอง ที่อาจวัดลึกเกินระยะ0.2เซนติเมตร หรืออาจวัดไม่ถึงที่ระยะ 0.2 เซนติเมตรและการใช้เครื่องวัดสี Minalta Colorimeter CR 300 นั้นจะต้องป้องกันไม่ให้อาหารเหลวไปสัมผัสกับตัวเซ็นเซอร์ซึ่งจะทำให้เครื่องเสียได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันเครื่องเสียหายและรักษาระยะการวัดที่ 0.2 เซนติเมตร จึงได้ออกแบบภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใสที่ทำการวัดในแนวนอน ผ่านอะคริลิคที่มีความหนาของอะคริลิคที่ 0.2 มิลลิเมตร ผลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัดโดยให้หัววัดสัมผัสกับของเหลวโปร่งแสงแล้ว พบว่าให้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก ไม่มีความแตกต่างที่ทำให้ผลคลาดเคลื่อน ดังนั้นในการวัดสีนี้ควรเลือกใช้การวัดที่วัดผ่านอะครีลิกหนา 0.2 มิลลิเมตร โดยให้มีช่องขนาด 0.2 เซนติเมตร เพื่อใส่ตัวอย่าง ระยะนี้เปรียบได้กับระยะจากหัวัดถึงฉากของวิธีวัดโดยให้หัววัดสัมผัสกับตัวอย่าง ส่วนฉากที่ใช้จะเป็นกระเบื้องสีขาวที่มีค่า L = 90.6 , Chroma = 3.21 , และ Hue = 88.4 ดังภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 จากผลการศึกษาปัจจัยพื้นที่หน้าตัด ที่คาดว่าจะมีผลต่อการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส พบว่าทุกขนาดของพื้นที่หน้าตัด คือ 10X10 ตารางเซนติเมตร 12X12 ตารางเซนติเมตร 14X14 ตารางเซนติเมตรและ 16X16 ตารางเซนติเมตร ให้ผลของค่าเฉลี่ยของL , Chroma และ Hue ที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ทุกขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่มีผลต่อค่าสีเฉลี่ยของอาหารเหลวโปร่งใสที่วัดได้ ดังนั้นในการวัดสีสามารถใช้ขนาดพื้นที่หน้าตัดได้ทุกขนาด แต่ทั้งนี้ควรคำนึงถึงปริมาณของตัวอย่างที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นการประหยัดตัวอย่าง

5.2 จากผลการศึกษาปัจจัยสีของฉาก ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส พบว่า ฉากสีดำนั้นมีผลต่อการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใสนี้ทั้งสามตัวอย่าง ได้แก่ น้ำแดง ตราเฮลล์บลูบอย น้ำเขียว ตราเฮลล์บลูบอย และน้ำส้ม ตราโกลด์แพน ซงทำให้ผลของสีL , Chroma และ Hueที่ได้ผิดเพี้ยนไป ทั้งแบบที่นำฉากสีดำนี้ติดโดยรอบกล่องอะครีลิคและแบบที่ติดตรงก้นอะครีลิค แต่สำหรับฉากสีขาวทั้งการติดสองแบบที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น พบว่า ให้ผลเฉลี่ยของค่าการวัดสี L , Chroma และ Hue ที่ถูกต้องตามลักษณะสีที่ปรากฏของตัวอย่างทั้งสาม และการติดฉากสีขาวทั้งสองลักษณะให้ผลที่มีแนวโน้มเดียวกัน ดังนั้นในการเลือกสีฉากมาใช้นั้น ควรเป็นฉากสีขาว เนื่องจากสีขาวนั้นทำให้เกิดการสะท้อนของเครื่องได้ดี จึงให้ผลของค่าสีทั้งL, Chroma และ Hue เป็นไปตามสีที่ปรากฏมาสู่สายตาของผู้ทดสอบ สำหรับลักษณะการติดฉากนั้นสามารถใช้ได้ทั้งสองลักษณะ ไม่ว่าจะใช้ฉากสีขาวติดที่ก้นอะครีลิคหรือติดโดยรอบอะครีลิคนั้น ไม่มีผลต่อผลเฉลี่ยของค่าสีทั้งสาม

5.3 จากผลการศึกษปัจจัยของระยะจากหัววัดจนถึงฉากช่วง 1 – 10 เซนติเมตร ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส พบว่าระยะที่ใกล้ฉากมากที่สุด จะให้ผลเฉลี่ยของค่าสี L , Chroma และ Hue ได้ถูกต้องที่สุด และมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้น ความเข้มข้นของตัวอย่างมาก จะให้สีที่มีฉดสีขัมและชัดกว่าตัวอย่างที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า เมื่อเราใช้ระยะจากหัววัดถึงฉากมากเท่าไร ค่าเฉลี่ยของค่าสีที่ได้ยิ่งผิดเพี้ยนไป โดยเฉพาะตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำมาก ค่าสีที่ได้จะแตกต่างจากสีที่ปรากฏออกมาโดยสิ้นเชิง ดังนั้นระยะที่ใช้ได้ดี ให้ผลของค่าสีถูกต้องตามสีที่ปรากฏออกมา คือ 1 เซนติเมตร นั่นเอง

5.4 จากผลการศึกษาปัจจัยระยะห่างระหว่างหัววัดกับฉากที่ระยะ0.2-1 เซนติเมตร ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการวัดสีของอาหารเหลวโปร่งใส จากการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าระยะที่ใกล้ฉากมากที่สุด จะให้ผลการวัดที่ถูกต้องแม่นยำมากที่สุด ดังนั้นผู้ทดลองจึงทำการหาระยะที่ใกล้ฉากมากยิ่งขึ้น นั่นคือระยะที่0.2-1 เซนติเมตร พบว่าระยะระหว่างหัววัดกับฉากที่0.2เซนติเมตร และระดับความเจือจางของอาหารเหลวโปร่งใสที่ยังคงให้ค่าที่ถูกต้องที่สุดคือที่ความเข้มข้น 40 % แต่ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่ายังสามารถวัดค่าสีได้แต่ค่าที่ได้ทั้งค่า Lค่า Chroma และค่าHue นั้นจะเริ่มผิดไปสีที่ปรากฏสู่สายตาเรา เนื่องจากเมื่ออาหารเหลวโปร่งใสมีความเจือจางมากจะทำให้การสะท้อนแสงของเครื่องวัดสี Minalta colorimeter CR 300 นั้นไม่สามารถสะท้อนค่าสีที่แท้จริงออกมาได้ แสงส่วนใหญ่จากเครื่องวัดสีจะสะท้อนผ่านอาหารเหลวไปสะท้อนกับฉาก ทำให้ค่าสีทั้งค่า Lค่า Chroma และค่าHue นั้น เป็นค่าที่ได้จากการสะท้อนแสงจากฉากเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นระยะที่ ดังนั้นระยะที่ให้ผลการวัดที่ดีที่สุด คือ ที่0.2เซนติเมตร และความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่สามารถว่าที่ระยะนี้ถูกต้องที่สุดคือ ที่ความเข้มข้น 40% นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Ansorena, D., De Pena, M. P., Astiasaran, I. and Belle, J. 1997. Colour Evaluation : Chorizo de Pamplona, a Spanish Dry Fermented Sausage:: Comparison Between the CIE L* a* b* and the Hunter Lab system with Illuminants D65 and C. Meat Science 46 (4):313-318.

Billmeyer, F. W., Jr. and Saltzman, M. 1981. Principles of Color Technology, New York: John Wiley & Sons, Inc.

Brainard, D. H. 2003. Color Appearance and Color Difference Specification". In Shevell, Steven K.. The Science of Color (2 ed.). Elsevier. p. 206.

Cayless, M.A. and Marsden, A.M. 1983. Lamp and Lighting. 3 rd.ed., Arnold, London.

Eagerman B.A. 1978. , "Orange juice color measurement using general purpose tristimulus colorimeters." J. Food Sci., Vol.43, pp. 428-430.

Elliott R.J. 1967. "Effect of optical systems and sample preparation on the visible reflection spectra of pork muscle." J. Sci. Food Agric., Vol.18, pp. 332-338

Fairchild, M. D. 2005. "Color and Image Appearance Models". Color Appearance Models. John Wiley and Sons. p. 340.

Francis F.J. and Clydesdale F.M. 1975. Food Colorimetry: Theory and Applications. The AVI Pub. Inc., Westport, Connecticus.

Good H. 2000. "What is Color and How is Measured" Hunterlab The Color Management Company., Vol. 12, No. 5, 2000. pp.3-6.

Good H. 2000. Solving Color Measurment Challenges of the Food Industry, HunterLab, Reston, VA.

Hung Y.C. 1990 . "Effect of curvature and surface area on colorimeter readinds, a model study." J. Food. Qual., Vol.13, pp. 259-269.

Hunt, R.W.G. 1993. Measuring Colour. 2 nd.ed., The City University, London.

Hutching, J. B.. 1995. Food Color and Appearance. Colmworth, Bedford, UK.

Hunter R.S., and Harold R. W. 1987 . The measurement of Appearance. John Wiley Pub., New York.

Hunter Labs.1994. Colorimeter versus Spectrophotometer. Insignt on Color 6(5):1-2 , http://www.hunterlab.com/appnotes/an03_95r.pdf

Hunter Labs.1996. Hunter L a b color scale. Insignt on Color 8(9):1-4 , http://www.hunterlab.com/appnotes/an08_96a.pdf

Hunter Labs.2000.Evaluation of Appearance. Insignt on Color 12(6):1-5 http://www.hunterlab.com/appnotes/an06_00.pdf

Jain, A. K. 1989. Fundamentals of Digital Image Processing. New Jersey, United States of America: Prentice Hall. pp. 68, 71, 73.

John B.H. 1992. Food Colour and Appearance. Blackie Academic and Professional, London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kent M. and Smith G.L. 1987. Collaborative experiments in colour measurement. In Physical Properties of Foods-2. eds, Ranald Jowitt, Felix Escher, Michael Kent, Brain McKenna, Michael Roques, Elsevier Applied Science, London.

Little A.C., Chichester C.O. and MacKinney G. 1958. The Color Of Coffee II. Food Tech. 12:505.

Little A.C. 1964. "Color measurement of translucent food samples." J. Food Sci., Vol.29, pp. 782-789.

Roy S. B. 2000. Principles of Color Technology-3, eds, A Wiley-Interscience Pub., John Wiley and sons inc.

Staples L.C. 1969 . The problems involved with the color measurement of beverage products. Presented at the 157th Annual Meeting of the American Chemical Society, Minneapolis, Minn. April, pp. 13-18.

Staples L.C. 1972. "Colorimetry of tea." PhD thesis, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey.

Ting S.V.1961. The carotenoid and carotene content of Florida orange concentrate. Proc. Fla. State Hort. Soc., Vol.74, pp. 262-267.

Wikipedia.2010. Lab color space ,http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

วิธีการใช้และทำความสะอาดภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใสเพื่อวัดสีด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง (Minolta CR-300,Japan)

วิธีการใช้มีดังต่อไปนี้

1. ใส่กระเบื้องสีขาว(L= 90.6 ,chroma= 3.21 , hue=88.4) ลงในช่องใส่กระเบื้องที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อใช้ทำเป็นฉาก
2. บรรจุตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสที่ต้องการทราบค่าสี(L, chroma,hue)ลงในช่องสำหรับใส่ตัวอย่างจนเต็ม ซึ่งอยู่ด้านหน้าของกระเบื้องสีใช้ทำเป็นฉาก

หมายเหตุ ระดับความเข้มข้นของตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน

3. ทำการวัดค่าสีโดยนำหัววัดของเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง วางติดในแนวระนาบกับผิวสัมผัสกับภาชนะ
4. กดปุ่มวัดสี
5. บันทึกผลค่า L ค่าchroma และค่า hue โดยการวัด 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย
6. ในกรณีที่ตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสมีมากกว่า 1 ชนิด และมีระดับความเข้มข้นหลายระดับ ให้ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนตังอย่างอาหารเหลวโปร่งใสและระดับความเข้มข้นจบครบ

วิธีการทำความสะอาด

1. นำกระเบื้องออกจากช่องสำหรับใส่กระเบื้อง แล้วทำความสะอาดด้วยแปรงที่จุ่มน้ำยาทำความสะอาด เพื่อขจัดคราบสีที่ติดอยู่กับผิวกระเบื้อง
2. ใช้แปรงจุ่มน้ำยาทำความสะอาด ทำความสะอาดบริเวณช่องที่ใช้บรรจุกระเบื้องและตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใส
3. ล้างด้วยน้ำสะอาด
4. เช็ดและผึ่งให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้