

การดูดซับและความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตภายหลังจากการแช่ในเครื่องดื่มที่มีสี

นายรัชชา รักศักดิ์มโนชญ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมทันตการ ภาควิชาทันตกรรมทันตการ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

ABSORPTION AND COLOR STABILITY OF RESIN COMPOSITES  
AFTER IMMERSION IN COLORED DRINKS

Mr. Ratcha Raksakmanut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Operative Dentistry

Department of Operative Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การดูดซับและความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตภายหลัง  
การแช่ในเครื่องดื่มที่มีสี

โดย

นายรัชชา รักศักดิ์มนุษย์

สาขาวิชา

ทันตกรรมหัตถการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชัยวัฒน์ มณีมนุษย์

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วัชรารภรณ์ ทัศจันทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ขวัญตา จารุอำพรพรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชัยวัฒน์ มณีมนุษย์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. รัชสิมา สกุลณะมรรคา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. วรธนะ สัตตบรรณสุข)

รัชชา รักศักดิ์มนุษย์ : การดูดซับและความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตภายหลังการแช่ในเครื่องดื่มที่มีสี. (Absorption and Color Stability of Resin Composites After Immersion in Colored Drinks.) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ทพ.ดร.ชัยวัฒน์ มณีมนุษย์, 131 หน้า.

**วัตถุประสงค์** เพื่อทดสอบการดูดซับและความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต ภายหลังการแช่ในเครื่องดื่มที่มีสี **วิธีการ** ทำขึ้นตัวอย่างรูปแผ่นกลมจากเรซินคอมโพสิต 5 ผลิตภัณฑ์ (เอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์ วินัส พรีเมิส ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และ ฟิลเทคพี90) ผลิตภัณฑ์ละ 10 ชิ้นสำหรับทดสอบการดูดซับเครื่องดื่ม และ 20 ชิ้น สำหรับทดสอบความคงที่ของสี นำขึ้นตัวอย่างกลุ่มแรกสำหรับทดสอบการดูดซับเครื่องดื่มมาคำนวณหาปริมาตรของแต่ละชิ้น แล้วนำไปแช่ในกาแฟและไวน์แดงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน หลังจากซึ่งนำหนักครั้งแรกแล้วนำไปดูความขึ้นจนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ ซึ่งนำหนักอีกครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าการดูดซับเครื่องดื่ม ขึ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 2 สำหรับทดสอบความคงที่ของสี แช่ในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดสีครั้งแรกด้วยเครื่องวัดและเทียบสี นำไปแช่ในกาแฟและไวน์แดงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการวัดสีทุก 1 วันในช่วง 6 วันแรก หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นทุก 6 วันจนกระทั่งครบ 60 วัน นำค่าทั้งหมดมาเทียบกับการวัดครั้งแรก ได้เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงสี (เดลต้าอี) วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดด้วยสถิติความแปรปรวนแบบสองทาง **ผลการทดลอง** กลุ่มที่มีการดูดซับเครื่องดื่มได้มากที่สุดคือ ฟิลเทคซี350เอกซ์ที (เท่ากับ 26.66 และ 27.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ในกาแฟและไวน์แดง ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มที่ดูดซับน้อยที่สุดคือ ฟิลเทคพี90 (เท่ากับ 8.84 และ 8.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ในกาแฟและไวน์แดง ตามลำดับ) สำหรับความคงที่ของสี ไวน์แดงทำให้เรซินคอมโพสิตเปลี่ยนสีได้มากกว่ากาแฟ โดยกลุ่มที่มีการเปลี่ยนสีมากที่สุด คือ ฟิลเทคซี350เอกซ์ทีในไวน์แดง (เดลต้าอี= 29.13) ในขณะที่กลุ่มที่เปลี่ยนสีน้อยที่สุด คือ ฟิลเทคพี90 ในกาแฟ (เดลต้าอี = 1.45) **สรุป** การดูดซับเครื่องดื่มที่มีสีและความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตมีความแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ร่วมกับการให้คำแนะนำผู้ป่วยหลังการรักษาเกี่ยวกับการเลือกรับประทานอาหาร อาจช่วยลดการเปลี่ยนสีของวัสดุบูรณะได้

ภาควิชา.....ทันตกรรมหัตถการ.....ลายมือชื่อ.....

สาขาวิชา.....ทันตกรรมหัตถการ.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

ปีการศึกษา.....2554.....

# # 5276123732 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEYWORDS : COLOR STABILITY / ABSORPTION / COMPOSITE / COFFEE / WINE

RATCHA RAKSAKMANUT : ABSORPTION AND COLOR STABILITY OF  
RESIN COMPOSITES AFTER IMMERSION IN COLORED DRINKS. ADVISOR :  
ASSOC. PROF. CHAIWAT MANEENUT, 131 pp.

**Objective:** To evaluate drink sorption and color stability of resin composites after immersion in colored drinks. **Methods:** Ten disk-shaped specimens were made of each of 5 composite materials (Estelite  $\Sigma$  Quick, Venus, Premise, Filtek Z350 XT and Filtek P90). After the volume of specimens was calculated, specimens were immersed in coffee and red wine at 37°C. After 7 days, the initial mass of specimens was recorded. Specimens were reconditioned to constant mass in the desiccators using the desiccating cycles and drink sorption values were calculated. Another twenty disk-shaped specimens of each composite were made for color stability evaluation. After stored in artificial saliva at 37°C for 24 hours in an incubator, the initial color of each specimen was assessed by a spectrophotometer. Specimens were immersed in coffee and red wine at 37°C. After 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 and 60 days, spectrophotometric measurements were again performed to determine the color changes. Data were analyzed by two-way ANOVA. **Results:** Drink sorption was the highest for Filtek Z350 XT (coffee = 26.66  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ , red wine = 27.20  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ) and the lowest for Filtek P90 (coffee = 8.84  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ , red wine = 8.00  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ). Red wine had more staining potential than did coffee. The most color change was observed for Filtek Z350 XT (3M ESPE) in red wine ( $\Delta E = 29.13$ ), while the least was found for Filtek P90 (3M ESPE) in coffee ( $\Delta E = 1.45$ ). **Conclusions:** Drink sorption and color stability of resin composites are vary among product brands with different types and amount of chemical components. Potential discoloration might be limited by proper material selection and after treatment advisement about dietary selection, based on this in vitro evaluation

Department : Operative Dentistry..... Student's Signature .....

Field of Study : Operative Dentistry..... Advisor's Signature .....

Academic Year : 2011.....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันและผู้มีส่วนร่วมให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ดังรายนามต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ทพ.ดร. ชัยวัฒน์ มณีนุชย์ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า วิจัย และจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และอาจารย์สาขาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอน มอบความรู้ และคำแนะนำในการศึกษา รวมถึงแรงบันดาลใจในการทำงานจนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำด้านการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะข้อบกพร่อง และให้แนวทางการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือ และเชื้อเพื่อสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ของงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัทเอสดีเอส เคอร์ จำกัด ที่สนับสนุนวัสดุเรซินคอมโพสิตสำหรับงานวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมารดา และทุกคนในครอบครัว รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมุติฐานของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	3
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
รูปแบบการวิจัย.....	4
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	5
รายละเอียดงบประมาณการวิจัย.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต.....	7
การดูน้ำของเรซินคอมโพสิต.....	9
การวัดความแตกต่างของสี.....	14
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
ประชากร.....	18
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	19

บทที่	หน้า
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	20
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	21
การเตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิต.....	23
การเตรียมเครื่องดัด.....	25
การทดสอบการดูดซับเครื่องดัดที่มีสี.....	25
การทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต.....	28
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	29
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
การดูดซับเครื่องดัดของเรซินคอมโพสิตภายหลังการแช่ในกาแฟและไวน์แดง....	31
ความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตภายหลังการแช่ในกาแฟและไวน์แดง.....	32
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	35
อภิปรายผลการวิจัย.....	35
สรุปผลการวิจัย.....	42
ข้อเสนอแนะ.....	42
รายการอ้างอิง.....	43
ภาคผนวก.....	51
ภาคผนวก ก. ค่าการเปลี่ยนสี (เดลต้าอี) ของแต่ละชิ้นตัวอย่างของ เรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด.....	52
ภาคผนวก ข. ค่าการดูดซับเครื่องดัดที่มีสีของแต่ละชิ้นตัวอย่างของ เรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด.....	58
ภาคผนวก ค. ค่าสถิติการทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตภายหลัง การแช่ในเครื่องดัดที่มีสีเป็นเวลา 60 วัน.....	60
ภาคผนวก ง. ค่าสถิติการทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตในแต่ละ ช่วงเวลา.....	75
ภาคผนวก จ. ค่าสถิติการทดสอบการดูดซับเครื่องดัดที่มีสีของเรซินคอมโพสิต.	116
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	131



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงองค์ประกอบของเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดลอง.....	20
2	แสดงเวลาการฉายแสงตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ.....	23
3	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการดูดซับเครื่องดีมของเรซินคอมโพสิต (หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร) และความแตกต่างทางสถิติ ระหว่างกลุ่มการทดลอง.....	32
4	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) และความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ภายหลังจากแช่เครื่องดีม เป็นเวลา 60 วัน.....	33

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	Dual mode theory ความเข้มข้นทั้งหมดเกิดจากผลรวมของ Henry mode และ Langmuir mode.....	10
2	Free volume theory แสดงปริมาตรต่ออุณหภูมิของ PET ซึ่งแสดงสัดส่วนของ polymer molecule interstitial free volume และ hole free volume.....	10
3	โครงสร้างของมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ.....	12
4	The CIE 1931 color space chromaticity diagram.....	15
5	The CIE L*a*b* color space.....	16
6	วัสดุเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการวิจัย.....	21
7	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	22
8	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	22
9	แผนภาพแสดงรายละเอียดการเตรียมชิ้นงาน.....	24
10	แสดงการเตรียมชิ้นงาน.....	24
11	แผนภูมิแสดงการแบ่งกลุ่มตัวอย่างการทดลอง.....	26
12	แสดงการหาความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างเพื่อใช้คำนวณหาปริมาตรของชิ้นตัวอย่าง.....	27
13	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซับเครื่องมือของเรซินคอมโพสิต (หน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร).....	31
14	แสดงชิ้นตัวอย่างภายหลังการแช่ในกาแฟและไวน์แดงเป็นเวลา 60 วัน.....	32
15	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) ภายหลังการแช่ใน เครื่องดื่มเป็นเวลา 60 วัน.....	33
16	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) ภายหลังการ แช่กาแฟในแต่ละช่วงเวลา.....	34
17	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) ภายหลังการ แช่ไวน์แดงในแต่ละช่วงเวลา.....	34

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นเวลากว่า 50 ปีแล้วที่เรซินคอมโพสิต (resin composite) ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุบูรณะฟัน และมีแนวโน้มที่จะใช้มากขึ้นเรื่อยๆ โดยเรซินคอมโพสิตถูกนำมาใช้บูรณะฟันหน้ามากกว่าร้อยละ 95 และกว่าร้อยละ 50 สำหรับฟันหลัง(1) ความสวยงามและลักษณะที่เป็นธรรมชาติที่เกิดจากการใช้เรซินคอมโพสิตในการบูรณะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัสดุชนิดดังกล่าวได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่ทำให้เกิดความสวยงามและลักษณะที่เป็นธรรมชาตินั้นประกอบด้วย สีของวัสดุ ความโปร่งแสง ความเป็นเงามัน ลักษณะพื้นผิวของวัสดุ ร่วมกับทักษะในการบูรณะของทันตแพทย์

สีของวัสดุมีบทบาทสำคัญในการลอกเลียนแบบความเป็นธรรมชาติของฟัน เนื่องจากเป็นสิ่งที่บุคคลทั่วไปสามารถแยกแยะความแตกต่างได้เป็นลำดับแรก นอกจากนี้จะต้องสามารถลอกเลียนแบบลักษณะตามธรรมชาติของฟันทั้งในเรื่องของสี ความใส และลักษณะพื้นผิวแล้ว ยังจำเป็นต้องสามารถคงลักษณะดังกล่าวไว้ได้เป็นเวลานาน(2) แม้ว่าเรซินคอมโพสิตจะได้รับการพัฒนามาอย่างยาวนานและต่อเนื่อง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเซรามิกแล้วพบว่ายังมีข้อด้อยอยู่หลายประการ(3) ทั้งการหดตัวจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage) และการเกิดการผุซ้ำ (secondary caries) นอกจากนี้ ความคงที่ของสี (color stability) ก็จัดว่าเป็นปัญหาที่สำคัญของเรซินคอมโพสิต(4) และเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งในการรื้อเปลี่ยนวัสดุบูรณะใหม่(5, 6)

การเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตสามารถเกิดขึ้นได้จากปัจจัยภายนอกได้แก่ ผลจากการรับประทานอาหารและเครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ การขาดการดูแลสุขภาพช่องปากที่ดี โดยส่วนใหญ่จะเกิดจากการดูดซับสารสีที่ละลายน้ำได้ผ่านเข้าไปอยู่ในส่วนของเรซินเมทริกซ์ (resin matrix)(7-9) และปัจจัยภายในได้แก่ ชนิดของเรซินเมทริกซ์(10) การเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่ไม่สมบูรณ์ (incomplete polymerization)(11, 12) รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆในวัสดุ(13, 14) องค์ประกอบของเรซินคอมโพสิตโดยเฉพาะในส่วนของเรซินเมทริกซ์มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุเป็นอย่างมาก ทั้งจากการเปลี่ยนสีขององค์ประกอบแต่ละชนิดเอง และผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการดูดซับสีจากภายนอก

มีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตโดยจำลองการใช้งานด้วยการนำไปแช่ในเครื่องดัดหรือสารสีต่างๆ ซึ่งพบว่า เรซินคอมโพสิตที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนสีที่แตกต่างกัน(15-20) และจากสมมุติฐานว่าการดูดซับเครื่องดัดของวัสดุอาจมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสี จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ที่ต้องการทดสอบการดูดซับเครื่องดัดร่วมกับความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์ เมื่อผ่านการแช่ในเครื่องดัดที่มีสีที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของวัสดุบูรณะได้

### คำถามวิจัย

1. เรซินคอมโพสิตต่างผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการดูดซับเครื่องดัดที่มีสีได้แตกต่างกันหรือไม่
2. เรซินคอมโพสิตต่างผลิตภัณฑ์มีความคงที่ของสีแตกต่างกันหรือไม่
3. ชนิดของเครื่องดัดที่มีสีมีผลต่อการดูดซับเครื่องดัดของเรซินคอมโพสิตหรือไม่
4. ชนิดของเครื่องดัดที่มีสีมีผลต่อการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตหรือไม่

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเรซินคอมโพสิตในการดูดซับเครื่องดัดที่มีสีและความคงที่ของสีเมื่อผ่านการแช่ในเครื่องดัดที่มีสี

### สมมุติฐานของการวิจัย

1. เรซินคอมโพสิตต่างผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการดูดซับเครื่องดัดที่มีสีได้ไม่แตกต่างกัน
2. เรซินคอมโพสิตต่างผลิตภัณฑ์มีความคงที่ของสีไม่แตกต่างกัน
3. ชนิดของเครื่องดัดที่มีสีไม่มีผลต่อการดูดซับเครื่องดัดของเรซินคอมโพสิต
4. ชนิดของเครื่องดัดที่มีสีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต

## ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (experimental research) โดยศึกษาการดูดซับเครื่องดื่มของเรซินคอมโพสิต และความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการแช่ในเครื่องดื่มที่มีสี ซึ่งในการวิจัยนี้ได้แก่ กาแฟ และไวน์แดง

## ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ทันตแพทย์ผู้ปฏิบัติงานในการวิจัยครั้งนี้ได้รับการฝึกหัดจนมีความรู้และความชำนาญในการเตรียมชิ้นตัวอย่าง การวัด และการใช้เครื่องมือต่างๆในการวิจัยเป็นอย่างดี และเป็นบุคคลเดียวกันตลอดการวิจัย
2. การวัดสีใช้ระบบ ซีไออี แอลเอบี (CIE L\*a\*b\*) และเปรียบเทียบความแตกต่างของสีโดยใช้ค่าเดลต้าอี ( $\Delta E^*$ )

## ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ จึงทำให้มีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้มีความแตกต่างจากสภาวะจริงทางคลินิก เช่น สภาวะแวดล้อมในช่องปาก การทำการบูรณะ พฤติกรรมการรับประทานอาหารและการใช้งานในผู้ป่วยจริง

ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองถือเป็นกรรมสิทธิ์ของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งบริษัทไม่ได้นำมาเปิดเผยทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถระบุอย่างเฉพาะเจาะจงถึงความแตกต่างกันขององค์ประกอบของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้

## คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ชิ้นตัวอย่าง หมายถึง เรซินคอมโพสิตที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบหล่อพลาสติก
2. แบบหล่อพลาสติก หมายถึง แบบหล่อที่ทำจากพอลิสไตรีน (polystyrene) รูปทรงกระบอกกลวง
3. การเปลี่ยนสี หมายถึง ความแตกต่างของสีเมื่อวัดด้วยระบบ ซีไออี แอลเอบี เปรียบเทียบก่อนและหลังการแช่ในเครื่องดื่ม หรือเรียกว่าค่า เดลต้าอี

4. การดูดซับเครื่องดื่ม หมายถึง ความสามารถในการดูดซับเครื่องดื่มในส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของวัสดุที่ดูดซับเครื่องดื่มจนอิ่มตัวกับน้ำหนักภายหลังถูกดูดน้ำหรือของเหลวออกทั้งหมด มีหน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการดูดซับเครื่องดื่มของเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์
2. ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อแช่ในกาแฟและไวน์แดง
3. ทำให้ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตเมื่อแช่ในกาแฟและไวน์แดงในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน
4. เป็นแนวทางในการเลือกใช้เรซินคอมโพสิตสำหรับการบูรณะฟันให้ประสบความสำเร็จ ในแง่ของการลดโอกาสในการเปลี่ยนสีของวัสดุที่เกิดจากปัจจัยภายนอกคือเครื่องดื่มที่มีสี

### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ



## รายละเอียดงบประมาณการวิจัย

ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน
ค่าวัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● เรซินคอมโพสิต Estelite <math>\Sigma</math> Quick จำนวน 4 หลอด</li> <li>● เรซินคอมโพสิต Venus จำนวน 4 หลอด</li> <li>● เรซินคอมโพสิต Premise จำนวน 4 หลอด</li> <li>● เรซินคอมโพสิต Filtek Z350 XT จำนวน 4 หลอด</li> <li>● เรซินคอมโพสิต Filtek P90 จำนวน 4 หลอด</li> <li>● กาแฟสำเร็จรูป Nescafe Red Cup</li> <li>● ไวน์แดง Paul Riboulet, Vin de Pays de l'Hérault จำนวน 4 ขวด</li> <li>● น้ำลายเทียม จำนวน 5 ขวด</li> <li>● กล้องสุญญากาศ จำนวน 5 กล้อง</li> <li>● ซิลิกาเจล 1 กิโลกรัม</li> <li>● แผ่นกระจกใส จำนวน 1 กล้อง</li> <li>● ผ้าก๊อซ จำนวน 1 กล้อง</li> <li>● แอลกอฮอล์ 70% 250 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด</li> </ul>	2,400 10,800 2,400 2,200 2,200 200 1,600 300 375 200 300 100 50
ค่าใช้บริการอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● เครื่องวัดและเทียบสี</li> </ul>	2,000
ค่าจัดทำเอกสาร	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ค่าพิมพ์เอกสาร</li> <li>● ค่าจัดทำรูปเล่มและตีพิมพ์เพื่อเผยแพร่ในวารสาร</li> </ul>	3,000 3,000
รวม	31,125



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความคงที่ของสีเรซินคอมโพสิตและการดูดซับเครื่องดื่มของวัสดุ ดังนั้นการทบทวนวรรณกรรมจะเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเรซินคอมโพสิต ความคงที่ของสีเรซินคอมโพสิต การดูน้ำของเรซินคอมโพสิต และการวัดความแตกต่างของสี

#### ความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต

จากการศึกษาที่ผ่านมาในอดีต ทั้งการศึกษาในห้องปฏิบัติการ(9, 17, 21-23) และทางคลินิก(24-29) พบว่า เรซินคอมโพสิตจะมีการเปลี่ยนสีเมื่อเวลาผ่านไป การเปลี่ยนจะเกิดมากขึ้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สารสี (colorants) ที่ใช้ในการทดสอบ ระยะเวลาในการทดสอบ ชนิดและองค์ประกอบของเรซินคอมโพสิต โดยสามารถแบ่งสาเหตุของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตได้เป็น 2 สาเหตุใหญ่ ได้แก่

##### 1. การเปลี่ยนสีจากปัจจัยภายนอก (extrinsic factors)

การเปลี่ยนสีจากปัจจัยภายนอกเกิดจากการได้รับสิ่งปนเปื้อนชนิดต่างๆ จากสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารสี การเปลี่ยนสีเกิดขึ้นได้ทั้งจากการสะสมของสีบนผิววัสดุที่เรียกว่าการดูดซับ (adsorption) และการสะสมของสีอยู่ภายในวัสดุที่เรียกว่าการดูดซึม (absorption)(30) สีที่ติดอยู่บนผิวของวัสดุนั้นอาจสามารถกำจัดออกได้โดยการขัดวัสดุซ้ำ (repolishing) การขัดวัสดุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีภายหลังการแช่ในกาแฟสามารถช่วยให้ระดับของการเปลี่ยนแปลงสีลดลงได้(31) แต่เมื่อพิจารณาถึงสีที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในวัสดุแล้ว อาจเป็นการยากที่จะกำจัดสีดังกล่าวออกได้ โดยไม่รู้วัสดุออกทั้งหมด แม้ว่าจะมีการศึกษาที่ระบุว่าฟอกสีฟันสามารถลดการเปลี่ยนสีที่เกิดจากเครื่องดื่มได้(15, 32) แต่ก็มีจำนวนการศึกษาไม่มากพอที่จะสรุปผลการรักษาจนสามารถนำไปใช้ในทางคลินิกได้ อีกทั้งยังมีคำถามถึงผลของการฟอกสีฟันที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุบูรณะ (33, 34) และค่าใช้จ่ายในการฟอกสีฟันก็ยิ่งสูงกว่าการเปลี่ยนวัสดุบูรณะใหม่ ดังนั้นการป้องกันไม่ให้เกิดหรือลดโอกาสในการดูดซึมสีเข้าสู่วัสดุให้น้อยที่สุดน่าจะเป็นหนทางในการลดการเปลี่ยนสีของวัสดุในส่วนนี้ได้ดีที่สุดในปัจจุบัน

สารสีที่สัมผัสกับวัสดุบูรณะฟันในช่องปากมากที่สุดได้แก่สารสีที่อยู่ในอาหารและเครื่องดื่มอาหารที่แตกต่างกันจะมีผลต่อการติดสีที่แตกต่างกันไปด้วย เช่น ในการศึกษาของ Ardu และคณะในปี ค.ศ.2010(20) ซึ่งศึกษาการติดสีของเรซินคอมโพสิตเมื่อแช่ในเครื่องดื่มต่างชนิดกัน

เป็นระยะเวลาานาน พบว่าไวน์แดง กาแฟ ชา น้ำส้ม และโคล่า ทำให้เกิดการติดสีบน เรซินคอมโพสิตจากมากไปน้อยตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับอีกผลของอีกหลายการศึกษา ทำให้สามารถที่จะสรุปได้กว่า กาแฟและไวน์แดงมีความสามารถทำให้เกิดการติดสีของวัสดุได้มากกว่า เครื่องดื่มชนิดอื่น(17, 22, 35, 36)

## 2. การเปลี่ยนสีจากปัจจัยภายใน (intrinsic factors)

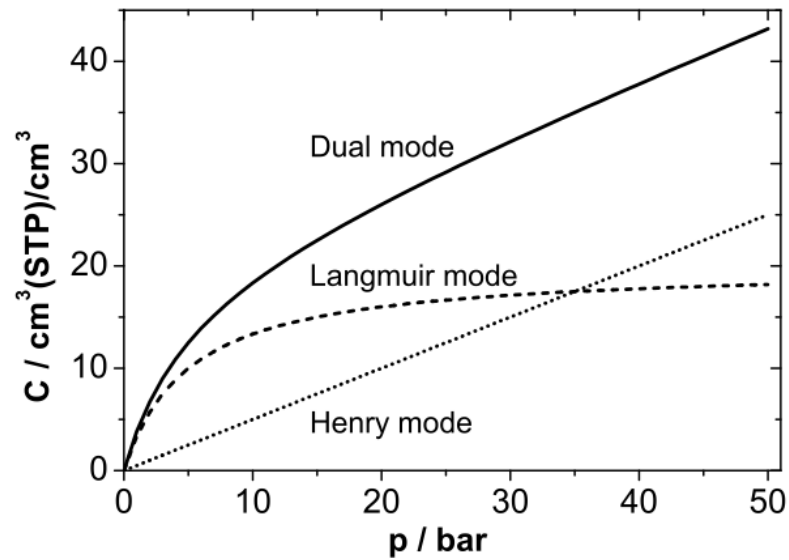
เรซินคอมโพสิตที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดที่ใช้แสงที่มองเห็นได้ (visible light) เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) สารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) ที่นิยมใช้มากที่สุดสารหนึ่งก็คือ แคมฟอร์ควิโนน (camphorquinone) เนื่องจากสามารถดูดซับแสงได้ดีในช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง (360 นาโนเมตร ถึง 510 นาโนเมตร)(37) อย่างไรก็ตามการใช้สารดังกล่าวก็มีข้อจำกัด เนื่องจากสารชนิดนี้มีสีเหลืองปนน้ำตาล ในดังนั้น การผลิตเรซินคอมโพสิตมักจะใส่สารนี้ลงไปเป็นจำนวนเพียงเล็กน้อยเพื่อหลีกเลี่ยงผลจากสีดังกล่าว แม้ว่าภายหลังปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ สีของแคมฟอร์ควิโนน บางส่วนจะอ่อนลง(37) แต่หากการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม แคมฟอร์ควิโนนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาก็อาจส่งผลทำให้วัสดุมีสีเหลืองมากกว่าปกติได้(17) จึงพอสรุปได้ว่า แม้จะมีการผสมแคมฟอร์ควิโนนลงในเรซินคอมโพสิตในอัตราส่วนที่น้อยมาก (ประมาณ 0.03-0.1% m/m, mass-percent) แต่แคมฟอร์ควิโนนก็มีอิทธิพลต่อสีของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ(14) สารอีกชนิดที่มีผลเกี่ยวกับสีของเรซินคอมโพสิตได้ก็คือ สารเอมีนตติยภูมิ (tertiary amine) ซึ่งใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (synergists or accelerators) โดยสารเอมีนตติยภูมิ ที่เหลือจากการเกิดปฏิกิริยา (byproduct) ของเอมีนกับแสงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของวัสดุโดยเกิดเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาลได้(38) การเปลี่ยนสีดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของเอมีนในวัสดุ ตัวอย่างเช่น เอมีนที่มีโครงสร้างเป็นสาย (aliphatic amines) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีน้อยกว่าเอมีนที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน (aromatic amines)(38) เป็นต้น

เรซินเมทริกซ์ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต โดยพบว่าเรซินเมทริกซ์ที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) จะส่งผลให้วัสดุมีการดูดน้ำ (water sorption) เข้าสู่วัสดุได้มาก ซึ่งการมีน้ำอยู่ในเรซินคอมโพสิตมากขึ้นจะส่งผลให้สีของวัสดุจะมีสีขาวและมีลักษณะที่บวมมากขึ้น(39) ในขณะที่เรซินเมทริกซ์ที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จะได้รับผลกระทบในลักษณะดังกล่าวน้อยกว่า นอกจากนี้ ความสามารถในการดูดน้ำของเรซินคอมโพสิตยังอาจมีผลเกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดซับสารสีที่ละลายน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตที่เกิดจากปัจจัยภายนอกได้อีกด้วย

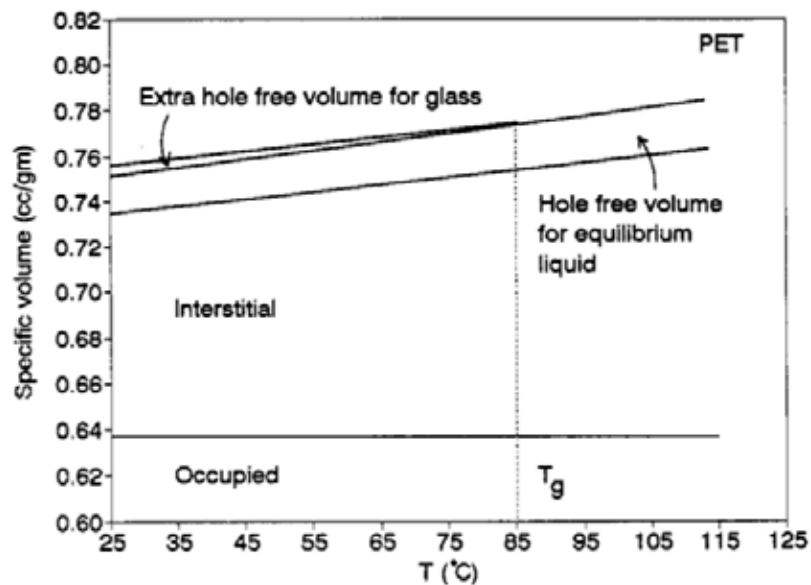
## การดูดน้ำของเรซินคอมโพสิต

เนื่องจากสภาพแวดล้อมในช่องปากเป็นสภาวะที่มีความชื้นอยู่ตลอดเวลา โดยเกิดจากน้ำลาย อาหารและเครื่องดื่มที่เรารับประทาน ดังนั้น การเข้าใจถึงพฤติกรรมของวัสดุบูรณะเมื่อต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การดูดน้ำของเรซินคอมโพสิตเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยกระบวนการส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายในส่วนของเรซินเมทริกซ์ ดังนั้นลักษณะทางโครงสร้างและปริมาณของเรซินเมทริกซ์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูดน้ำ (40, 41) เรซินเมทริกซ์ในเรซินคอมโพสิตจัดเป็นวัสดุในกลุ่มของพอลิเมอร์แบบแก้ว (glassy polymers)(42) สามารถอธิบายการดูดน้ำของวัสดุประเภทนี้ได้ด้วยทฤษฎีคูอัลโหมด (Dual-mode theory) ซึ่งอธิบายไว้ว่าน้ำที่ถูกดูดซึมเข้ามาเกิดจากสองกระบวนการที่เป็นอิสระต่อกัน(43) ในกระบวนการแรก น้ำจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างสายพอลิเมอร์ซึ่งจะเป็นไปตามกฎของเฮนรี (Henry's law) ลักษณะเช่นนี้สามารถพบในวัสดุประเภทพอลิเมอร์แบบเหลว (liquid polymers) และพอลิเมอร์แบบยาง (rubbery polymers) ได้เช่นเดียวกัน ในกระบวนการที่สองจะเกิดจากการแทรกซึมเข้าไปอยู่ภายในช่องว่างขนาดเล็ก (micro-voids) ภายในโครงสร้างของวัสดุ ซึ่งเป็นไปตามสมการของแลงมัวร์ (Langmuir isotherm)(44) ผลรวมของทั้งสองกระบวนการทำให้น้ำที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในวัสดุมีลักษณะดังที่แสดงในภาพที่ 1

นอกจากนั้น ทฤษฎีปริมาตรอิสระ (Free volume theory) ก็สามารถอธิบายให้เห็นลักษณะทางกายภาพของวัสดุให้เข้าใจได้ชัดเจนขึ้น โดยทฤษฎีดังกล่าวได้อธิบายไว้ว่า ปริมาตรรวมของพอลิเมอร์ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ โมเลกุลของพอลิเมอร์ (polymer molecule) ช่องว่างระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์ (interstitial free volume) และช่องว่างระหว่างโครงสร้างพอลิเมอร์ (hole free volume)(45) ดังที่แสดงในภาพที่ 2 โดยพอลิเมอร์แบบแก้วจะมีโครงสร้างแบบ non-equilibrium liquid อันประกอบไปด้วย equilibrium hole-free volume ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการดูดซึมตามกฎของเฮนรี และอีกส่วนคือ extra non-equilibrium hole-free volume ซึ่งเกิดขึ้นขณะวัสดุมีการเปลี่ยนโครงสร้างจนมีลักษณะเหมือนแก้ว (glass state) ซึ่งทำให้เกิดเป็นช่องว่างขนาดเล็กๆ ขึ้นภายในวัสดุและมีความเกี่ยวข้องกับการดูดซึมตามสมการของแลงมัวร์ดังกล่าวมาแล้วในข้างต้น(46) สรุปได้ว่า ปริมาตรรวมของช่องว่างระหว่างโครงสร้างพอลิเมอร์มีความสัมพันธ์กับการแพร่ผ่านเข้า



ภาพที่ 1 Dual mode theory ความเข้มข้นทั้งหมดเกิดจากผลรวมของ Henry mode และ Langmuir mode (คัดลอกจาก *Gas Sorption and Swelling in Glassy Polymers : Combining Experiment, Phenomenological Models and Detailed Atomistic Molecular Modeling*(44))



ภาพที่ 2 Free volume theory แสดงปริมาตรต่ออณูโมเลกุลของ PET ซึ่งแสดงสัดส่วนของ polymer molecule interstitial free volume และ hole free volume (คัดลอกจาก *Rate of Gas Transport in Glassy Polymers: A Free Value Based Predictive Model*(45))

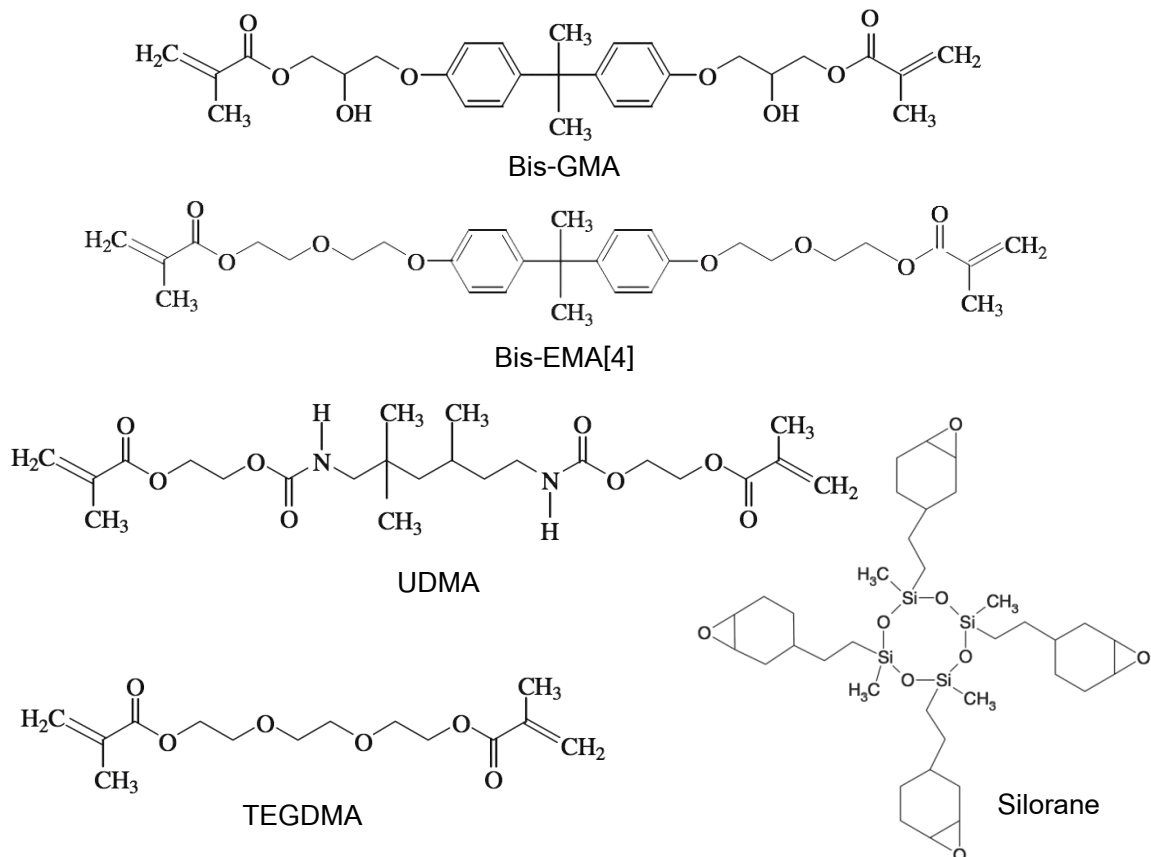
ของน้ำ โดยปัจจัยที่สำคัญของปริมาตรส่วนนี้คือความหนาแน่นของการจัดเรียงโมเลกุลภายในวัสดุ ตัวอย่างเช่น สายพอลิเมอร์ที่สามารถยืดหยุ่นได้ (flexible polymer chain) ที่มีกลุ่มที่มีขั้ว (polar group) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ( intermolecular attractions) คุณสมบัติเหล่านี้จะทำให้เกิดการอัดตัวของโมเลกุลที่มีความหนาแน่นสูง

เมื่อน้ำซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เข้าไปอยู่ภายในวัสดุประเภทพอลิเมอร์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) และทางกล (mechanical properties) บางประการ ได้แก่ จากวัสดุที่มีความอดุลัส (modulus) ลดลง และมีความสามารถในการไหลแผ่ (flow rate) ที่สูงขึ้น เนื่องจากสายพอลิเมอร์มีอิสระในการเคลื่อนที่ได้มากขึ้น(47) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการขยายตัวทางปริมาตร (volumetric expansion) เนื่องจากปริมาตรของโมเลกุลของน้ำที่ถูกดูดซึมเข้ามาสูงกว่าช่องว่างที่มีอยู่ จึงมีการดันให้สายพอลิเมอร์ขยับออกห่างจากกันมากขึ้น(47) และสามารถทำให้เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ทำลายการยึดกันของพอลิเมอร์ สิ่งที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้ทำให้เกิดการบวมของวัสดุได้ (swelling) โดยการดูดน้ำจะเกิดขึ้นภายหลังจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นไปแล้ว อย่างไรก็ตามการแพร่ของน้ำเข้าสู่เรซินเมทริกซ์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นผลกระทบดังกล่าวจึงจำเป็นต้องอาศัยเวลานานกว่าจะเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้การดูดน้ำของวัสดุยังอาจส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนสีได้เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะสารสีที่สามารถละลายน้ำได้ก็อาจจะถูกดูดซึมเข้าสู่เรซินคอมโพสิตได้ในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าวัสดุที่มีความสามารถในการดูดน้ำได้มากก็มีแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนสีจากปัจจัยภายนอกได้มากเช่นเดียวกัน

ปริมาตรของน้ำที่ถูกดูดซึมเข้ามาในวัสดุจะขึ้นอยู่กับส่วนของ equilibrium hole-free volume แรงดึงดูดทางเคมีและกายภาพระหว่างโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์กับน้ำ และแรงต้านทานการเกิดการบวมของวัสดุ ร่วมกับโมเลกุลของน้ำที่แทรกเข้าไปอยู่ตามช่องว่างเล็กๆ ภายในวัสดุ โดยการเกิดร่างแห (cross-link) ระหว่างสายพอลิเมอร์อาจสามารถช่วยลดการซึมผ่านของน้ำได้ เนื่องจากจะลดปริมาตรของ hole-free volume และโอกาสในการเกิดการบวมของวัสดุ (48)

เรซินคอมโพสิตที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบัน ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลักเป็นเรซินกลุ่มไดเมทาครีเลท (dimethacrylate) ตัวอย่างเช่น บิสฟีนอล-เอ-ไกลซีดีลไดเมทาครีเลท หรือบิส-จีเอ็มเอ (bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate; Bis-GMA) ยูรีเทนไดเมทาครีเลท หรือ

ยูดีเอ็มเอ (urethane dimethacrylate; UDMA) ไตรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาครีเลต หรือที่ชื่อ ดีเอ็มเอ (triethylene glycol dimethacrylate; TEGDMA) และอีท็อกซีเลทบิสฟีนอล-เอ-ไกลซีดีล ไดเมทาครีเลต หรือบิส-อีเอ็มเอ (ethoxylated bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate; Bis-EMA) แม้ว่าเรซินดังกล่าวจะจัดอยู่ในกลุ่มไดเมทาครีเลตเหมือนกัน แต่ก็มีโครงสร้างและคุณสมบัติการดูดน้ำที่แตกต่างกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบการดูดน้ำของเรซินแต่ละชนิดพบว่า ที่ชื่อ ดีเอ็มเอพอลิเมอร์สามารถดูดน้ำได้มากที่สุด (poly-TEGDMA 6.33 wt%) รองลงมาได้แก่ บิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์ (poly-Bis-GMA 2.93 wt%) ยูดีเอ็มเอพอลิเมอร์ (poly-UDMA 2.59 wt%) และบิส-อีเอ็มเอพอลิเมอร์ (poly-Bis-EMA 1.79 wt%) ตามลำดับ(42) นอกจากนี้ยังมีเรซินคอมโพสิตที่ใช้เรซินชนิดอื่นในการผลิต นั่นคือซิลอรัน (silorane) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อหวังผลในการลดการหดตัวจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage) แต่ นอกเหนือจากคุณสมบัติดังกล่าวแล้วยังพบอีกว่า เรซินชนิดนี้มีอัตราการดูดน้ำที่ต่ำกว่าเรซินชนิดอื่นอีกด้วย(49)



ภาพที่ 3 โครงสร้างของมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ

(คัดลอกจาก Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resin(42) และ Update on dental nanocomposites(50))

ปัจจัยในการดูน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางเคมีของพอลิเมอร์ และโครงสร้างทางกายภาพของโครงข่ายพอลิเมอร์ ตัวอย่างเช่น ยูตีเอ็มเอพอลิเมอร์ และบิส-อีเอ็มเอพอลิเมอร์ มีการดูน้ำน้อยกว่า บิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์ เหตุผลคือบิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์มีคุณสมบัติชอบน้ำสูงกว่าพอลิเมอร์อื่นเนื่องจากในโครงสร้างทางเคมีของบิส-จีเอ็มเอจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, -OH) ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าหมู่ยูรีเทน (urethane group, -NH-CO-O-) ในยูตีเอ็มเอ และหมู่อีเธอร์ (ether group, -O-) ในบิส-อีเอ็มเอ(51) ส่วนการเปรียบเทียบระหว่าง ทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์ และบิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์ พบว่าทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์มีการดูน้ำสูงกว่าบิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์มาก ในขณะที่หากพิจารณาในกรณีที่เป็นมอนอเมอร์เดี่ยวที่ไม่ได้ต่อกันเป็นสายพอลิเมอร์จะพบว่าทีอีจีดีเอ็มเอมอนอเมอร์นั้นมีการดูน้ำมากกว่าบิส-จีเอ็มเอมอนอเมอร์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น(52) เหตุผลที่เป็นเช่นนี้อาจเกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางกายภาพของโครงข่ายพอลิเมอร์แต่ละชนิด จากการศึกษาของ Sideridou และคณะ(53) พบว่าทีอีจีดีเอ็มเอสามารถเกิดเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ที่อัดตัวกันแน่นมากกว่า รวมทั้งมีอัตราการเกิดปฏิกิริยา (degree of conversion) ที่สูงกว่าบิส-จีเอ็มเอในเบื้องต้นจึงเป็นที่น่าแปลกใจที่ทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์มีการดูน้ำที่สูงกว่าบิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์มาก แต่หากพิจารณาถึงโครงสร้างทางกายภาพของวัสดุจะพบว่าโครงข่ายที่เกิดขึ้นของทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์นั้นมีลักษณะที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneous) คือมีบริเวณที่เกิดโครงข่ายอย่างหนาแน่นปนอยู่กับบริเวณที่เกิดโครงข่ายอย่างหลวมๆ ลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจาก ในช่วงเริ่มต้นปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ การเกิดโครงข่ายระหว่างมอนอเมอร์จะมีลักษณะที่กระจายตัวอยู่ท่ามกลางส่วนของมอนอเมอร์ที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยา ทำให้มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนหลายๆกลุ่ม (clusters) ที่กระจายกันอยู่ เมื่อปฏิกิริยาเกิดต่อไปเรื่อยๆก็จะเกิดการรวมตัวกันของกลุ่มก้อนดังกล่าว จึงเกิดเป็นลักษณะที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันขึ้นนั่นเอง(54) โดยพบว่ายิ่งวัสดุมีอัตราการเกิดโครงข่ายหนาแน่นมากขึ้นเท่าไร ก็จะมีโอกาสเกิดลักษณะที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นเท่านั้น(55) ดังนั้นทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์จึงมีความไม่เป็นเนื้อเดียวกันสูงกว่าบิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์ ลักษณะดังกล่าวทำให้โครงสร้างของทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์มีช่องว่างภายในวัสดุมากกว่าจึงสามารถสะสมน้ำในบริเวณดังกล่าวได้มากกว่า อีกทั้งทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์ยังมีความยืดหยุ่นสูงกว่าเป็นผลให้เกิดการบวมตัวของวัสดุได้มากกว่าอีกด้วย ทำให้โดยภาพรวมแล้วทีอีจีดีเอ็มเอพอลิเมอร์มีการดูน้ำได้มากกว่าบิส-จีเอ็มเอพอลิเมอร์ นอกจากนี้ปัจจัยที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดยังมีเรื่องของอัตราส่วนของมอนอเมอร์แต่ละชนิดซึ่งอาจมีผลต่อการดูน้ำได้เช่นเดียวกัน โดยพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์มากกว่าหนึ่งชนิดหรือที่เรียกว่าโคพอลิเมอร์ (copolymer) ก็จะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์ที่นำมาผสมกันอีกด้วย

โดยสรุปแล้วการดูดน้ำของเรซินคอมโพสิตเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากหลายกระบวนการร่วมกัน โดยเกิดขึ้นส่วนใหญ่ในส่วนที่เป็นเรซินเมทริกซ์ ปัจจัยที่น่าจะมีผลได้แก่คุณสมบัติทางเคมีของพอลิเมอร์ที่มีผลต่อการเกิดแรงดึงดูดทั้งทางกายภาพและเคมีกับโมเลกุลของน้ำ ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของโครงข่ายพอลิเมอร์ซึ่งมีผลต่อปริมาตรช่องว่างภายในวัสดุ และความแข็งแรงของโครงสร้างในการต้านทานต่อการบวมของวัสดุ

### การวัดความแตกต่างของสี

มนุษย์สามารถมองเห็นวัตถุต่างๆเมื่ออยู่ในภาวะที่มีแสงสว่าง โดยแสงจัดเป็นพลังงานในรูปแบบหนึ่ง หากจะกล่าวอย่างเฉพาะเจาะจงลงไปก็คือ แสงสว่างที่ประสาทสัมผัสของมนุษย์สามารถรับรู้ได้จะเป็นความยาวคลื่นช่วงสั้นๆของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วงประมาณ 360-780 นาโนเมตร ส่วนความยาวคลื่นที่สูงหรือต่ำกว่านี้ เช่น คลื่นวิทยุ (radio wave) รังสีเอกซ์ (x-ray) มนุษย์จะไม่สามารถมองเห็นได้(56)

สีเกิดขึ้นเมื่อแสงส่องมายังวัตถุแล้วเกิดปฏิกิริยาต่อกัน จากนั้นจะมีแสงส่วนหนึ่งสะท้อนออกจากวัตถุดังกล่าวส่องกลับมายังผู้สังเกต ในกรณีที่เป็นระบบประสาทสัมผัสของมนุษย์ก็จะส่องผ่านเข้าสู่ดวงตา ผ่านรูม่านตา และถูกรวมแสงโดยกระจกตาให้ตกสู่บริเวณเรตินา (retina) โดยเรตินาจะประกอบไปด้วยเซลล์รับแสง 2 ชนิด คือเซลล์รูปแท่ง (rod cells) และเซลล์รูปกรวย (cone cells) โดยเซลล์รูปแท่งสามารถตอบสนองได้ดีในสภาวะที่มีแสงน้อย เช่น การมองภาพในเวลากลางคืน ในขณะที่เซลล์รูปกรวยจะตอบสนองได้ดีในสภาวะที่มีแสงมาก นอกจากนี้เซลล์รูปกรวยยังมีความสำคัญต่อการมองเห็นเป็นสีต่างๆ โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด แต่ละชนิดจะตอบสนองต่อแสงได้สูงสุดในความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน คือ 420 นาโนเมตร (ความยาวคลื่นสั้น) 530 นาโนเมตร (ความยาวคลื่นกลาง) และ 560 นาโนเมตร (ความยาวคลื่นยาว) มีชื่อเรียกว่า S M และ L ตามลำดับ เมื่อเซลล์รับแสงทั้งหมดได้รับการกระตุ้นจากพลังงานแสงจะเกิดการนำกระแสประสาทส่งผ่านไปยังสมอง จากนั้นจึงมีการแปลผลออกมาเป็นการรับรู้ ซึ่งในการรับรู้ดังกล่าวหมายถึงรูปร่างลักษณะของวัตถุ รวมทั้งสีของวัตถุ(56)

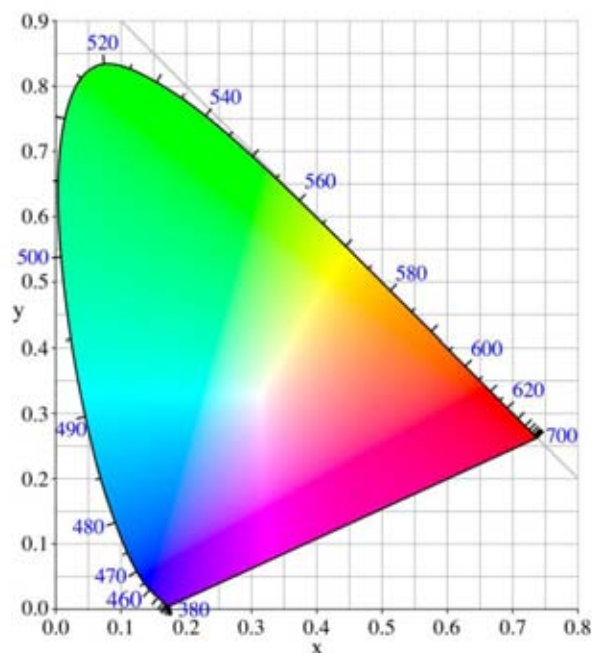
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างแสงและวัตถุ ได้แก่ การดูดซึม (absorption) การกระเจิง (scattering) การหักเห (refraction) การกระจาย (diffraction) และการสะท้อนกลับ (reflection) โดยปฏิกิริยาที่สำคัญในการจำแนกสีของวัตถุที่เรามองเห็นก็คือการสะท้อนกลับ คุณสมบัติในการสะท้อนแสงของวัตถุสามารถวัดได้โดยใช้ reflectance spectrophotometer ให้ค่าออกมาเป็น reflectance factor มีค่าตั้งแต่ 0-1 เป็นการบอกถึงสัดส่วนของแสงที่มีการสะท้อนกลับออกมาใน



แต่ช่วงความยาวคลื่น ใดๆ ก็ดี reflectance factor บอกได้เพียงความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุในแต่ละช่วงความยาวคลื่นเท่านั้น ไม่สามารถระบุหรือเปรียบเทียบสีได้ ในการจำแนกและเปรียบเทียบสีจึงจำเป็นต้องใช้ระบบอื่นในการวัด

ในปี ค.ศ. 1931 The International Commission on Illumination หรือที่ชื่อย่อว่า CIE (ย่อมาจากชื่อในภาษาฝรั่งเศส Commission Internationale de l'Eclairage) ได้พัฒนาระบบที่ใช้ในการจำแนกสีที่มองเห็นขึ้น โดยอาศัยหลักการผสมสีแบบ additive color mixing ซึ่งเป็นการผสมสีจากแม่สี 3 สี ได้แก่ แดง (X) เขียว (Y) และน้ำเงิน (Z) พบว่าสีทุกสีสามารถเกิดขึ้นได้จากการนำแม่สีมาผสมกันในปริมาณที่เหมาะสม เรียกปริมาณของแม่สีแต่ละสีที่ใช้ผสมว่า tristimulus values(56) และเรียกระบบสีดังกล่าวว่า CIE XYZ color space

CIE XYZ color space จะมีการกระจายตัวของสีใน color space ที่ไม่สม่ำเสมอทั้งหมด เหตุผลหนึ่งก็คือบนเรตินาไม่ได้มีเซลล์รูปกรวยทุกชนิดกระจายตัวกันอยู่เท่ากันทั้งหมดทุกบริเวณ เช่น บริเวณกึ่งกลางของเรตินาจะไม่พบเซลล์รูปกรวย S ซึ่งบริเวณดังกล่าวก็คือ fovea นั่นเอง(56) อย่างไรก็ตามเราสามารถนำ CIE XYZ tristimulus values มาใช้ในการคำนวณความเข้มของสี โดยใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ได้แก่ x และ y ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่แสดงข้างล่างนี้ และสามารถสร้างเป็นแผนที่สีจากการกำหนดจุด x และ y ได้ดังภาพที่ 4



$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

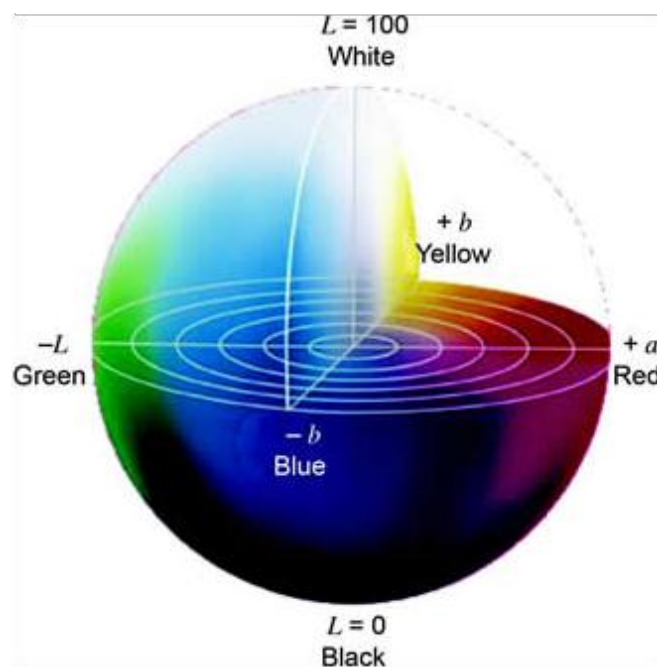
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

ภาพที่ 4 The CIE 1931 color space chromaticity diagram

(คัดลอกจาก [en.wikipedia.org/wiki/CIE\\_XYZ](http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_XYZ))

แม้ว่าระบบดังกล่าวจะสามารถใช้ในการเปรียบเทียบสีได้ แต่ก็พบว่าข้อจำกัดอยู่ 2 ประการที่จำเป็นต้องทำความเข้าใจก่อนการใช้งาน ประการแรกคือระบบนี้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการระบุสี (color specification) มากกว่าที่จะใช้ในการทำนายสีที่จะมองเห็น ประการที่สองคือ จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของสีในระบบดังกล่าวไม่มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นระยะห่างของจุดสองจุดบน XYZ space ที่เท่ากันจึงไม่ได้แปลว่าจะมีความแตกต่างของสีที่เท่ากันไปด้วย(56)

ในปี ค.ศ. 1976 CIE ได้พัฒนาระบบสีแบบใหม่ขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว นั่นคือระบบ CIELab ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงค่า XYZ tristimulus ให้มาอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการบ่งบอกลักษณะที่ปรากฏของสี (color appearance) และการเปรียบเทียบความแตกต่างของสี (color difference) ได้ดีกว่า โดย CIELab คือ color space ที่มีลักษณะเป็น 3 มิติ โดย  $a^*$  และ  $b^*$  จะเป็นแกน 2 แกนในแนวระนาบ ส่วน  $L^*$  จะเป็นแกนที่วางตัวในแนวตั้งฉากกับแนวระนาบดังกล่าว ดังที่แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 The CIE  $L^*a^*b^*$  color space

CIELab ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานกับสีที่อยู่บนพื้นผิวของวัตถุ (ในกรณีที่เป็นสีของวัตถุที่สามารถเปล่งแสงได้ด้วยตัวเองจะใช้ CIELuv แทน) โดยแทนค่าการรับรู้คุณภาพในลักษณะที่ไม่มีสี (achromatic signal) ด้วยค่า  $L^*$  (ค่าบวกเท่ากับสีขาว และค่าลบเท่ากับสีดำ) และลักษณะที่มีสี (chromatic signal) ด้วยค่า  $a^*$  (ค่าบวกเท่ากับสีแดง และค่าลบเท่ากับสีเขียว) และค่า  $b^*$  (ค่าบวกเท่ากับสีเหลือง และค่าลบเท่ากับสีน้ำเงิน) สิ่งที่เห็นได้ชัดในการพัฒนาขึ้นจากระบบ CIE XYZ

tristimulus ก็คือการนำค่าความสว่างของแสง (illuminant) มารวมอยู่ใน color space ด้วย นั่นทำให้การทำนายลักษณะของสีทำได้แม่นยำมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในระบบ CIE XYZ tristimulus ลักษณะสีขาวสมบูรณ์ (perfect white) จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความสว่างของแสง แต่สำหรับระบบ CIELab จะมีค่าคงที่เพียงค่าเดียวอยู่ที่  $L^*=100$   $a^*=0$   $b^*=0$  อาจกล่าวได้ว่าระบบ CIELab เป็นการกำหนดสีโดยคำนึงถึงปัจจัยทั้ง 3 มิติ ได้แก่ ความสว่าง (value) ความเข้มสี (chroma) และเฉดสี (chroma)

ในการเปรียบเทียบสีโดย ระบบ CIELab ก็สามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากการกระจายตัวของ color space มีความสม่ำเสมอ ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งใดก็ตามใน color space จะแสดงถึงความแตกต่างของสีที่ใกล้เคียงกัน เรียกค่าความแตกต่างนี้ว่า  $\Delta E^*$  (Euclidean distance) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

ค่า  $\Delta L^*$  หมายถึงความแตกต่างของค่า L ระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่ต้องการหาความแตกต่างของสี ในขณะที่ค่า  $\Delta a^*$  และ  $\Delta b^*$  ก็หมายความว่าถึงลักษณะเดียวกัน โดยค่าทั้งสามนี้สามารถหาได้โดย

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^*$$

$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^*$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^*$$

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### ประชากร

1. กลุ่มตัวอย่าง คือ ชี้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิต 5 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เอสทีไลท์ซิกมาควิกค์ วินัส พรีเมิส ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และฟิลเทคพี90
2. การคำนวณขนาดตัวอย่าง (n) ต่อกลุ่ม สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร สูตรการคำนวณ

$$n = \frac{2\sigma^2 (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$\sigma^2 = S_p^2 = \frac{(S_1^2 + S_2^2)}{2}$$

โดยที่	$\sigma^2$	=	ความแปรปรวนของประชากร (variance)
	S	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
	$\mu$	=	ค่าเฉลี่ยของประชากร
	$Z_{1-\alpha/2}$	=	ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ $\alpha$
	$Z_{1-\beta}$	=	ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ $\beta$

กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับทั้งที่สมมุติฐานเป็นจริง (Type I error,  $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05 จึงแทนค่า  $Z_{1-\alpha/2}$  ที่ 95% เท่ากับ 1.96

กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับทั้งที่สมมุติฐานไม่เป็นจริง (Type II error,  $\beta$ ) เท่ากับ 0.1 จึงแทนค่า  $Z_{1-\beta}$  ที่ 90% เท่ากับ 1.282

จากการศึกษานำร่อง ซึ่งทดสอบความคงที่ของสีเรซินคอมโพสิต 3 ผลิตภัณฑ์ คือ เอสทีไลท์ซิกมาควิกค์ ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และฟิลเทคพี90 โดยวัสดุมีองค์ประกอบหลักในส่วนของเรซินเมทริกซ์เป็น บิส-จีเอ็มเอมอนอเมอร์ บิส-อีเอ็มเอมอนอเมอร์ และไซลอลเรนมอนอเมอร์ ตามลำดับ เมื่อแช่ในกาแฟ แล้วนำค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองมาคำนวณเพื่อหาจำนวนตัวอย่าง จะได้ค่ากลุ่มตัวอย่างที่มากที่สุดคือ 207.91 หรือ 208 ชี้นต่อกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการเตรียมชี้นตัวอย่างทั้งในเรื่องระยะเวลาที่จำกัด และงบประมาณที่ใช้ในการวิจัย การศึกษาครั้งนี้จึงไม่สามารถใช้กลุ่มตัวอย่างตามที่คำนวณ

ได้ จึงอ้างอิงจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากการศึกษาของ Nasim และคณะ(57) ซึ่งมีหัวข้อและระเบียบวิจัยที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งใช้จำนวนตัวอย่าง 10 ขึ้นต่อกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับกลุ่มตัวอย่างของการศึกษารวดเร็วเครื่องดื่มอ้างอิงตามการทดสอบการดูดน้ำของวัสดุตามมาตรฐานไอเอสโอ 4049:2000 (ISO 4049:2000)(58) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 5 ขึ้นต่อกลุ่มตัวอย่าง

### วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. เรซินคอมโพสิต 5 ผลิตภัณฑ์ (รายละเอียดของแต่ละผลิตภัณฑ์แสดงไว้ในตารางที่ 1)
  - 1.1 เอสทีไลท์ซิกมาควิก ซี เอ 3 (Estelite  $\Sigma$  Quick (A3), Tokuyama, Tokyo, Japan)
  - 1.2 เวินัส ซี เอ 3 (Venus (A3), Heraeus, Hanau, Germany)
  - 1.3 พรีเมียม ซี เอ 3 บอดี (Premise (A3 Body), Kerr Corporation, Orange, CA, USA)
  - 1.4 ฟิลเทคซี350เอกซ์ที ซี เอ 3 อีนาเมล (Filtek Z350 XT (A3 Enamel), 3M ESPE, St.Paul, MN, USA)
  - 1.5 ฟิลเทคพี 90 ซี เอ 3 (Filtek P90 (A3), 3M ESPE, St.Paul, MN, USA)
2. เครื่องดื่มที่มีสี 2 ชนิด
  - 2.1 กาแฟ (Instant coffee, Nescafé<sup>®</sup> Red Cup<sup>™</sup>, Nestle (Thailand) Ltd, Bangkok, Thailand)
  - 2.2 ไวน์แดง (Red wine, Paul Riboulet, Vin de Pays de l'Hérault since 2009, Product of France)
3. น้ำลายเทียม (ภาควิชาเภสัชศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

**ตารางที่ 1** แสดงองค์ประกอบของเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดลอง

Product	Type of resin monomer	Type of filler (particle size)	% of filler		Manufacturer	Lot. number
			by weight	by volume		
Estelite Quick	Bis-GMA TEGDMA	silica-zirconia filler and composite filler (0.2 $\mu\text{m}$ )	82%	71%	Tokuyama, Tokyo, Japan	E711
Venus	Bis-GMA TEGDMA	barium-aluminum-silicate glass (0.7 $\mu\text{m}$ ), silica (0.04 $\mu\text{m}$ )	78%	60%	Heraus, Hanau, Germany	10310
Premise	Bis-EMA UDMA TEGDMA	barium glass filler (0.4 $\mu\text{m}$ ), nanocharges of silicate (0.02 $\mu\text{m}$ ), prepolymerized filler (30-50 $\mu\text{m}$ )	84%	69%	Kerr Corporation, Orange, CA, USA	3633158
Filtek Z350 XT	Bis-EMA UDMA PEGDMA	silica (0.02 $\mu\text{m}$ ), zirconia (0.004 – 0.011 $\mu\text{m}$ ), aggregated zirconia/silica cluster filler (0.6 – 10 $\mu\text{m}$ )	78.5%	63.3%	3M ESPE, St.Paul, MN, USA	N202344
Filtek P90	Siloranes	quartz filler and yttrium fluoride (0.47 $\mu\text{m}$ )	76%	55%	3M ESPE, St.Paul, MN, USA	N239059

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องฉายแสง (Light curing unit, Curing Light 2500, 3M ESPE, St.Paul, MN, USA)  
พอนำแสงมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร
2. เครื่องวัดพลังงานรังสี (Radiometer, Optilux Radiometer, Kerr Corporation, Orange, CA, USA)
3. เครื่องตัดฟัน (Low speed cutting machine, ISOMET 1000, Buehler, USA)
4. เครื่องวัดและเทียบสี (Spectrophotometer, Ultrascan XE, Hunter Lab, USA)
5. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, Contherm 1200, Contherm, New Zealand)

6. เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ระบบดิจิทัล (Digital Balance, 40SM – 200A, Precisa)  
ความละเอียด 0.00001 กรัม
7. เครื่องวัดขนาดแบบดิจิทัล (Digital Caliper, Micrometer, Mitutoyo, Japan)  
ความละเอียด 0.01, 0.001 มิลลิเมตร

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบหล่อพอลิสไตรีน (polystyrene) ทรงกระบอกกลวง เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร สูง 1 มิลลิเมตร
2. กระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ หมายเลข 150 400 800 1000 และ 2000 (Abrasive paper No. 150, 400, 800, 1000 and 2000)
3. แผ่นกระจกใส (Glass slide)
4. เครื่องมือบูรณะเรซินคอมโพสิต (Interproximal carver)
5. เทปกาวใส (Adhesive tape)
6. กล่องเก็บชิ้นตัวอย่างสุญญากาศ (Vacuum box)
7. ซิลิกาเจล (Silica gel)
8. เมทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 (70% methyl alcohol)
9. ผ้าก๊อซ (gauze)



ภาพที่ 6 วัสดุเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการวิจัย



Coffee



Red wine

ภาพที่ 7 เครื่องดื่มที่ใช้ในการวิจัย



Spectrophotometer



Low speed cutting machine



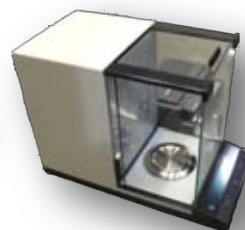
Incubator



Light curing unit



Radiometer



Digital balance



Digital caliper

ภาพที่ 8 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา



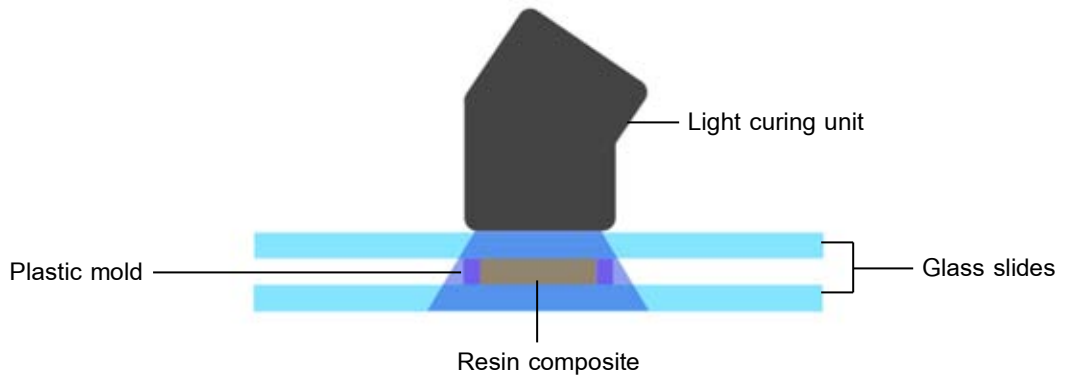
## การเตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิต

เตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์ละ 30 ชิ้น โดยใช้แบบหล่อพอลิไธรีนทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร สูง 1 มิลลิเมตร วางบนแผ่นกระจกใส ใส่เรซินคอมโพสิตจนเต็มแล้วกดทับด้วยแผ่นกระจกใสอีกแผ่น ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงประมาณ 400 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร โดยใช้เวลาตามที่บริษัทผู้ผลิตแต่ละรายแนะนำ ดังที่แสดงในตารางที่ 2 โดยวางปลายท่อหน้าแสงชิดกับแผ่นกระจกใสเพื่อควบคุมระยะห่างจากปลายท่อถึงชิ้นงานให้เท่ากับ 1 มิลลิเมตรทุกครั้งที่ย้ายแสง และเนื่องจากปลายท่อหน้าแสงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับชิ้นงานจึงสามารถฉายแสงให้ครอบคลุมทั้งหมดได้ในการฉายแสงครั้งเดียว ตรวจสอบความเข้มแสงทุกครั้งก่อนการเตรียมชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้น แบ่งชิ้นตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจำนวน 10 ชิ้นสำหรับทดสอบการดูดซับเครื่องมือ และกลุ่มที่สองจำนวน 20 ชิ้นสำหรับทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต ดังที่แสดงในภาพที่ 11

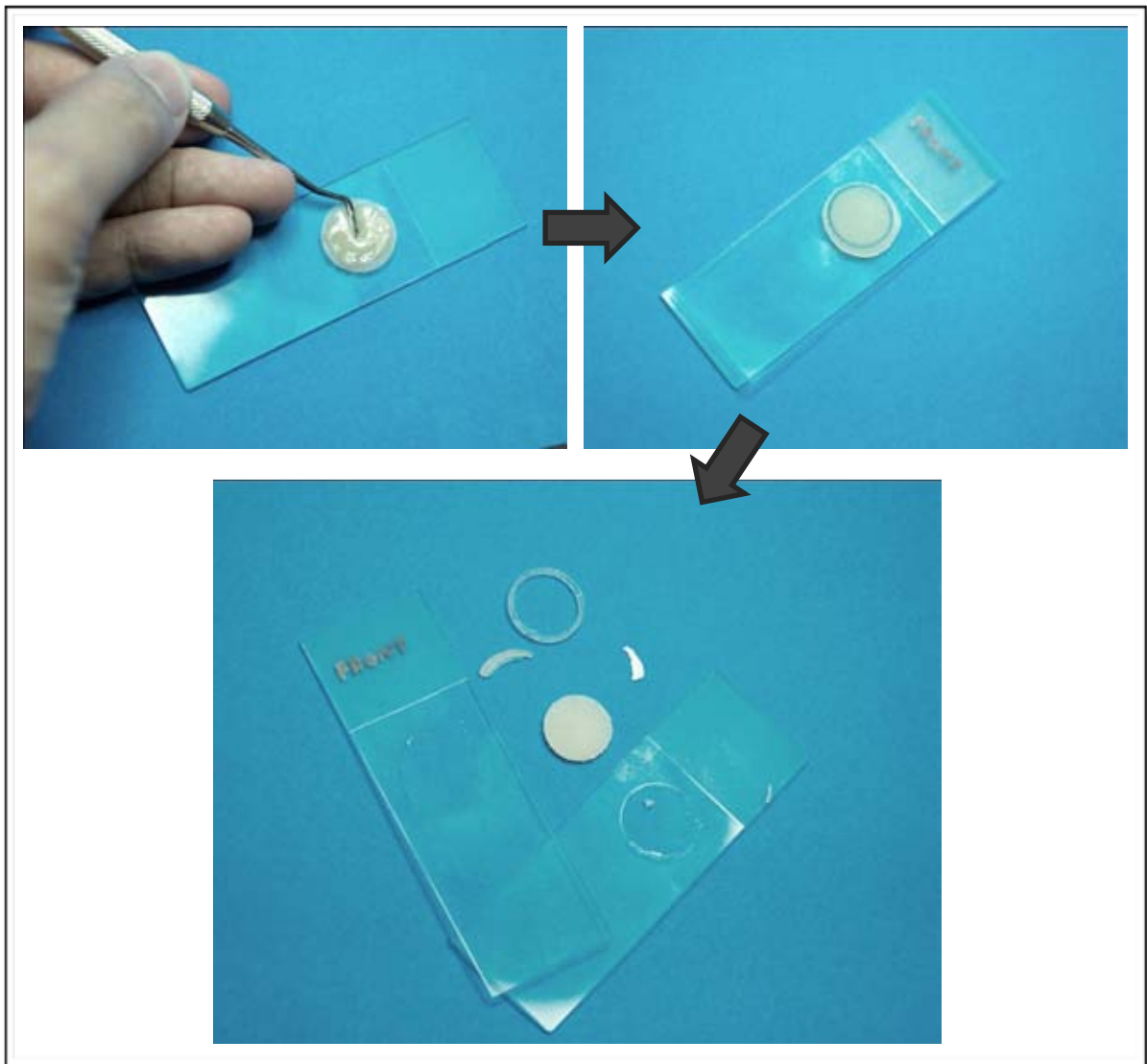
ตารางที่ 2 แสดงเวลาการฉายแสงตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

Product	Recommended Light Intensity	Time
Estelite $\Sigma$ Quick	400 mW/cm <sup>2</sup>	20 second
Venus	>400 mW/cm <sup>2</sup>	20 second
Premise	n/a	40 second
Filtek Z350 XT	400 mW/cm <sup>2</sup>	20 second
Filtek P90	n/a	20 second

n/a : No information from manufacturer.



ภาพที่ 9 แผนภาพแสดงรายละเอียดการเตรียมชิ้นงาน



ภาพที่ 10 แสดงการเตรียมชิ้นงาน

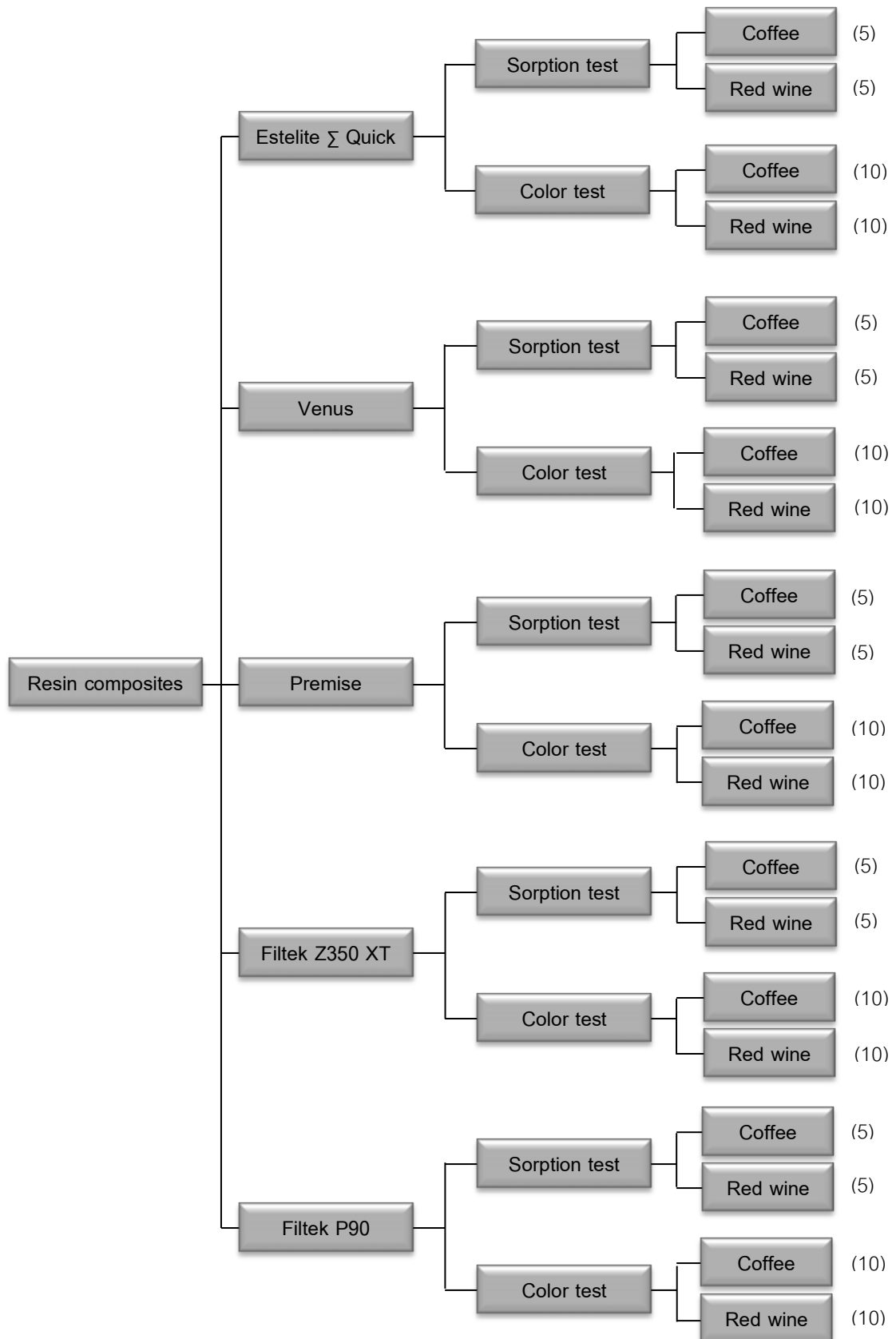
### การเตรียมเครื่องดื่ม

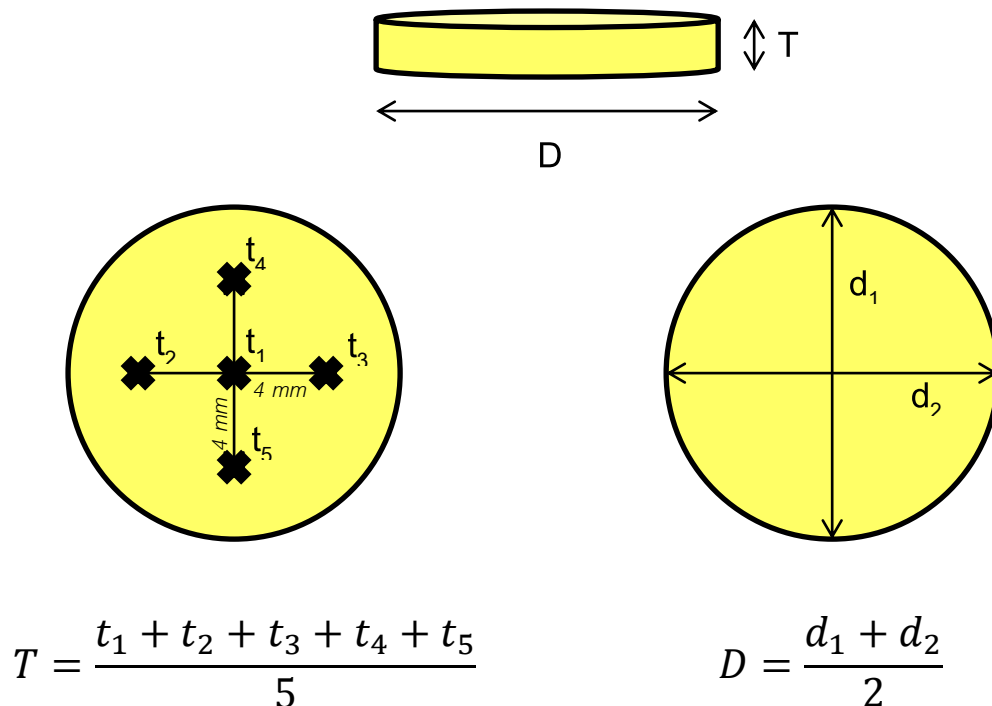
เตรียมกาแฟที่ใช้ในการทดลองโดยใช้กาแฟผงสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์ Nescafe Red Cup น้ำหนักสุทธิ 2 กรัม ลงในน้ำเดือดปริมาตร 130 มิลลิลิตร ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต คนจนกาแฟละลายเป็นสารละลายสีน้ำตาลเข้ม ปราศจากตะกอน และเตรียมไวน์แดงผลิตภัณฑ์ Paul Riboulet, Vin de Pays de l'Hérault since 2009 Product of France

### การทดสอบการดูดซับเครื่องดื่มที่มีสี

วิธีการวัดการดูดซับเครื่องดื่มดัดแปลงมาจากการวัดการดูดน้ำตามมาตรฐานไอเอสโอ 4049:2000(58) โดยขึ้นตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการดูดซับเครื่องดื่มได้รับการขัดผิวทุกด้าน รวมทั้งผิวด้านข้างด้วยด้วยกระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์หมายเลข 1000 ด้วยการถูขึ้นตัวอย่างบนกระดาษทรายไปและกลับเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตร จำนวน 30 รอบ นำแต่ละชิ้นมาคำนวณหาปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์มิลลิเมตร (volume,  $V$ , in  $\text{mm}^3$ ) โดยการวัดความหนาด้วยเครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอลทั้งหมด 5 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณจุดศูนย์กลาง และบริเวณที่ห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะทาง 4 มิลลิเมตร อีก 4 ตำแหน่ง นำค่าที่วัดได้มาเฉลี่ยได้เป็นความหนาเฉลี่ยของชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้น (thickness,  $T$ , in mm) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยเครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล 2 ครั้งในตำแหน่งตั้งฉากกัน นำค่าที่วัดได้มาเฉลี่ยเป็นความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้น (diameter,  $D$ , in mm) ตำแหน่งการวัดที่ได้กล่าวมามีรายละเอียดดังที่แสดงในภาพที่ 12 จากนั้นแบ่งเป็นสองกลุ่มย่อยกลุ่มละ 5 ชิ้น สำหรับการทดสอบการดูดซับกาแฟและไวน์แดง

ภาพที่ 11 แผนภูมิแสดงการแบ่งกลุ่มตัวอย่างการทดลอง





ภาพที่ 12 : แสดงการหาความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างเพื่อใช้คำนวณหาปริมาตรของชิ้นตัวอย่าง

นำค่าที่วัดได้ของตัวอย่างแต่ละชิ้นมาคำนวณหาปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์มิลลิเมตร (volume, V, in mm<sup>3</sup>) จากสมการ

$$V = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \times T$$

D หมายถึง ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

T หมายถึง ความหนาเฉลี่ย มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

นำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในเครื่องต้มกาแฟหรือไอน้ำแดงตามที่ได้แบ่งกลุ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนดเวลา นำชิ้นตัวอย่างออกจากเครื่องต้ม ทำการล้างด้วยน้ำสะอาด โดยปล่อยให้ผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 30 วินาที ซับด้วยกระดาษทิชชูจนกระทั่งไม่มีความชื้นบนผิวของชิ้นตัวอย่าง โดยใช้เวลาประมาณ 10 วินาที โบกชิ้นตัวอย่างในอากาศอีก 15 วินาที แล้วทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ระบบดิจิทัล บันทึกน้ำหนักที่ได้เป็นค่ามวลหลังการแช่เครื่องต้ม มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม (mass, m<sub>1</sub>, in mg) ภายหลังการชั่งน้ำหนัก เริ่มทำการดูความชื้นโดยนำชิ้นตัวอย่างใส่ในกล่องดูความชื้นกล่องที่หนึ่ง ที่บรรจุซิลิกาเจลเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง จากนั้น ย้ายชิ้นตัวอย่างมาไว้ในกล่อง

ดูความชื้นกล่องที่สองที่บรรจุซิลิกาเจลไว้เช่นเดียวกัน แต่จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิ  $23 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ระบบดิจิทัล จากนั้นทำการดูความชื้นซ้ำตามกระบวนการเดิมจนกระทั่งได้ขึ้นตัวอย่างที่มีน้ำหนักคงที่ (มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมในระยะเวลา 24 ชั่วโมง) บันทึกน้ำหนักที่ได้เป็นค่ามวลที่ปราศจากความชื้น ( $m_2$ , in mg) นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาการดูดซับเครื่องดื่มของความชื้นตัวอย่าง มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร (drink sorption,  $D_{sp}$ ,  $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$D_{sp} = \frac{m_1 - m_2}{V}$$

$m_1$  หมายถึง มวลภายหลังการแช่ในเครื่องดื่มเป็นเวลา 7 วัน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม

$m_2$  หมายถึง มวลภายหลังผ่านกระบวนการดูความชื้น มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม

$V$  หมายถึง ปริมาตรของขึ้นตัวอย่าง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์มิลลิเมตร

#### การทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต

นำขึ้นตัวอย่างที่ถูกแบ่งไว้สำหรับทดสอบความคงที่ของสีจำนวนผลิตภัณฑ์ละ 20 ชิ้น มาขัดผิวเฉพาะด้านที่ใกล้กับปลายท่อนำแสงขณะทำการฉายแสง ด้วยกระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ โดยดูขึ้นตัวอย่างบนกระดาษทรายไปและกลับเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตร จำนวน 30 รอบ ใช้กระดาษทรายหมายเลข 150 400 800 และ 2000 ตามลำดับ เป็นการจำลองการขัดวัสดุด้วยหัวขัดที่มีความละเอียด 100 40 24 และ 9 ไมโครเมตร ตามลำดับ(59, 60) จากนั้นปิดผิววัสดุด้านที่ไม่ได้ทำการขัดผิวด้วยเทปกาวใส เพื่อให้ด้านที่ได้รับการขัดและบริเวณขอบของขึ้นตัวอย่างเท่านั้นที่สัมผัสกับเครื่องดื่ม เก็บขึ้นตัวอย่างในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงทำการวัดสีตัวอย่างทุกชิ้นด้วยเครื่องวัดและเทียบสี (Ultrascan XE, Hunter Lab, USA) โดยใช้ระบบซีไออี แอลเอบี (CIEL\*a\*b\*) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต บันทึกค่าดังกล่าวเป็นค่าเริ่มต้น (baseline) ของตัวอย่างแต่ละชิ้น

แบ่งขึ้นตัวอย่างแต่ละผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 10 ชิ้น กลุ่มแรกแช่ในกาแฟ กลุ่มที่สองแช่ในไวน์แดง เครื่องดื่มทั้งสองชนิดได้เตรียมไว้ตามกระบวนการที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น เก็บขึ้นตัวอย่างทั้งหมดไว้ในกล่องสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลาทั้งหมด 60 วัน เครื่องดื่มได้รับการเปลี่ยนใหม่ทุก 6 วัน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

ระหว่างการทดลอง ในช่วง 6 วันแรกของการแช่ ทำการวัดสีขึ้นตัวอย่างหลังจากแช่ในเครื่องต้มทุก วัน หลังจากนั้นปรับความถี่ในการวัดสีเป็นทุกๆ 6 วัน จนกระทั่งครบ 60 วัน เนื่องจากได้มีการ ประมาณไว้ว่าการแช่กาแฟเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะเท่ากับการจำลองการต้มกาแฟเป็นเวลา 1 เดือน(17) ดังนั้นการเก็บข้อมูลในลักษณะนี้จึงเทียบเคียงได้กับการนัดตรวจฟันทุก 6 เดือน เป็น เวลา 5 ปี นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของสี ทำได้โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างการวัดสี 2 ครั้ง ความแตกต่างดังกล่าวคือค่า  $\Delta E^*$  โดยทุกช่วงเวลาจะนำไปเทียบกับค่า เริ่มต้นทั้งหมด คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2}$$

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เอส พี เอส เอส (IBM® SPSS® Statistics 19, International Business Machines Corp., Armonk, NY, USA) และโปรแกรมสำเร็จรูป ซิกมา สแตท (SigmaStat 3.5, Aspire Software International, Ashburn, VA, USA) กำหนดค่า นัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการดูดซับเครื่องต้มและการเปลี่ยนสีของ แต่ละกลุ่มการทดลอง
2. ตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test
3. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way Analysis of variance) เพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ทางสถิติ (statistic interaction) ของสองปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้ คือ ชนิดผลิตภัณฑ์ของเรซินคอมโพสิต และชนิด ของเครื่องต้มที่มีสี
4. ตรวจสอบความแปรปรวน (Homogeneity of variances) ของแต่ละกลุ่มการทดลอง

5. เปรียบเทียบค่าการดูดซับเครื่องดื่มของเรซินคอมโพสิตระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way Analysis of variance) และทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ด้วยสถิติการทดสอบแบบแทมเฮน (Tamhane's test)
6. เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และทำการเปรียบเทียบพหุคูณ ด้วยสถิติการทดสอบแบบบอนเฟอโรนนี่ (Bonferroni's test)
7. เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตระหว่างแต่ละช่วงเวลาในการแช่เครื่องดื่ม โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way Repeated measures Analysis of variance) และทำการเปรียบเทียบพหุคูณ ด้วยสถิติการทดสอบแบบทูกีย์ (Tukey test)

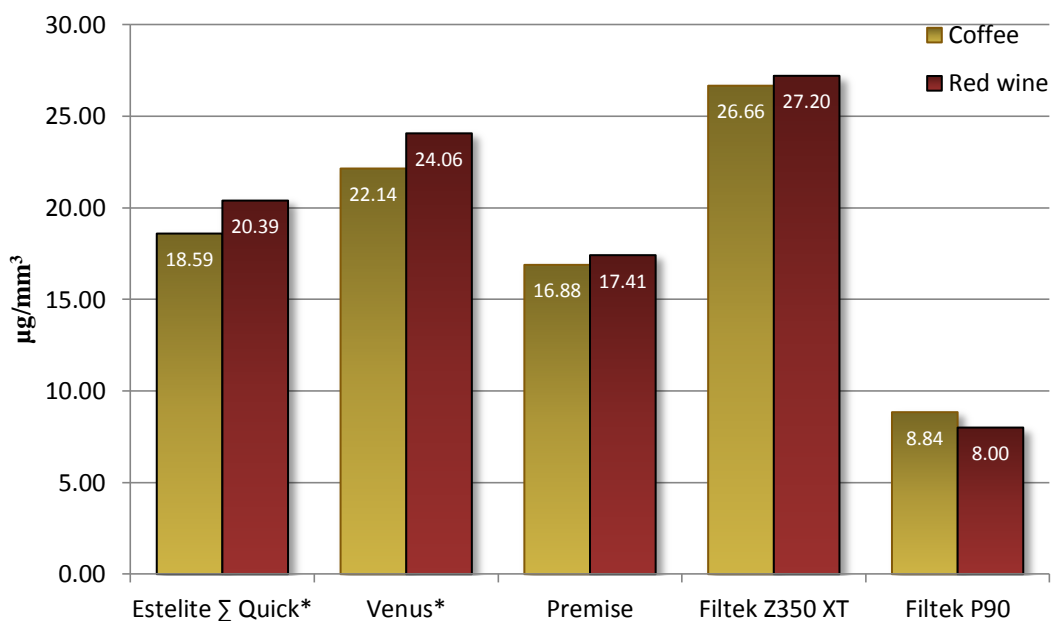


## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การดูดซับเครื่องตีของเรซินคอมโพสิตภายหลังการแช่ในกาแฟและไวน์แดง

ผลการทดสอบการดูดซับเครื่องตีที่มีสี ได้แก่ กาแฟ และไวน์แดงของเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์ พบว่า ทั้งชนิดผลิตภัณฑ์ของเรซินคอมโพสิตและชนิดของเครื่องตีต่างก็มีผลต่อการดูดซับเครื่องตีของเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และพบการมีปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อพิจารณาปัจจัยในเรื่องชนิดผลิตภัณฑ์ของเรซินคอมโพสิตพบว่า เรซินคอมโพสิตมีความสามารถในการดูดซับเครื่องตีทั้งสองชนิดไปในทิศทางเดียวกัน โดย ฟิลเทคซี350เอกซ์ที สามารถดูดซับเครื่องตีได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ วินัส เอสทีไลท์ซิกมาควิกค์ พรีเมิส และผลิตภัณฑ์ที่ดูดซับเครื่องตีได้น้อยที่สุดก็คือ ฟิลเทคพี90 และเมื่อพิจารณาปัจจัยเรื่องชนิดของเครื่องตีพบว่า เรซินคอมโพสิตสามารถดูดซับไวน์แดงได้มากกว่าหรือเท่ากับกาแฟ โดยเอสทีไลท์ซิกมาควิกค์ และวินัส สามารถดูดซับไวน์แดงได้มากกว่ากาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่พรีเมิส ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และฟิลเทคพี90 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายละเอียดดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 13 และตารางที่ 3



ภาพที่ 13 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซับเครื่องตีของเรซินคอมโพสิต (หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร)

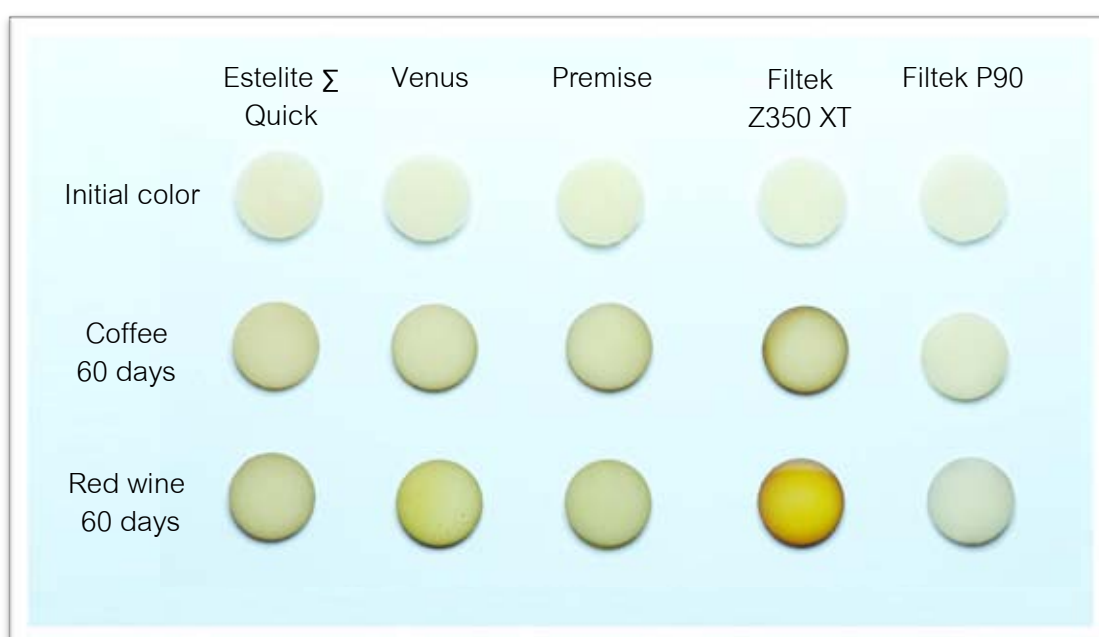
**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการดูดซับเครื่องตีของเรซินคอมโพสิต (หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร) และความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง

Group	Estelite $\Sigma$ Quick	Venus	Premise	Filtek Z350XT	Filtek P90
Coffee	18.59(0.66) <sup>c</sup>	22.14(1.01) <sup>e</sup>	16.88(0.44) <sup>b</sup>	26.66(0.28) <sup>g</sup>	8.84(0.76) <sup>a</sup>
Red wine	20.39(0.73) <sup>d</sup>	24.06(1.05) <sup>f</sup>	17.41(0.31) <sup>b,c</sup>	27.20(0.58) <sup>g</sup>	8.00(0.58) <sup>a</sup>

\*Statistical differences between groups are represented by lowercase letters (same letter denotes no statistical difference).

### ความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตภายหลังการแช่ในกาแฟและไวน์แดง

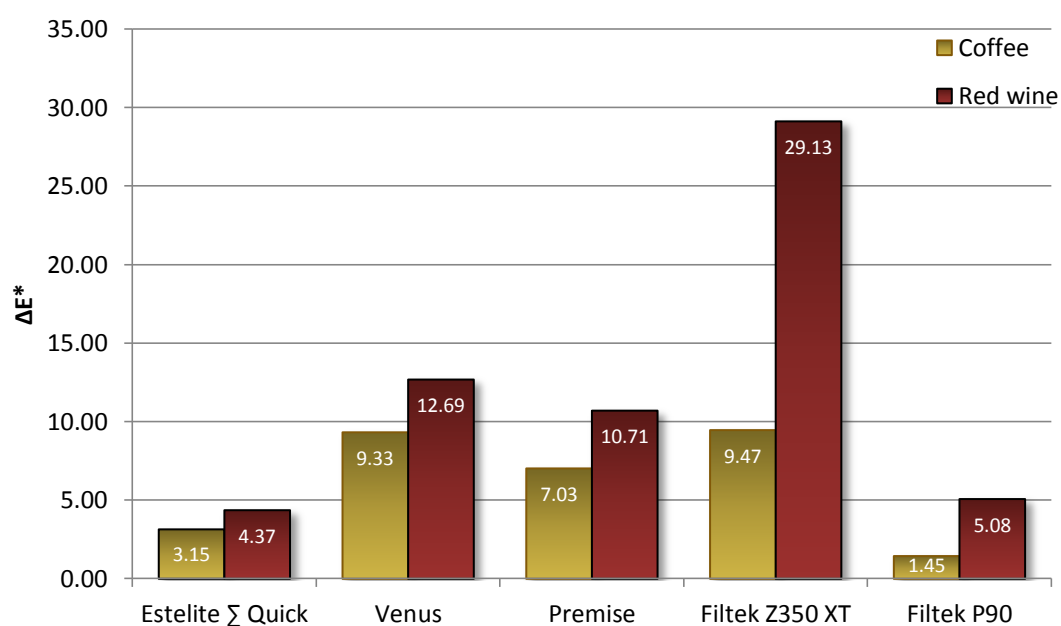
ผลการทดสอบการเปลี่ยนสีภายหลังการแช่ในกาแฟและไวน์แดง พบว่า ทั้งชนิดผลิตภัณฑ์ของเรซินคอมโพสิตและชนิดของเครื่องตีต่างกันก็มีผลต่อการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และพบการมีปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาปัจจัยเรื่องชนิดของเครื่องตีพบว่า ไวน์แดงมีความสามารถทำให้เรซินคอมโพสิตเปลี่ยนสีได้มากกว่า โดยพบว่าเรซินคอมโพสิตเกือบทุกผลิตภัณฑ์ในการทดลองครั้งนี้ที่แช่ในไวน์แดงมีการเปลี่ยนสีมากกว่ากลุ่มที่แช่ในกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นวินัสเพียงผลิตภัณฑ์เดียวที่พบว่าความแตกต่างของสีที่เปลี่ยนไปไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอย่างสีที่เปลี่ยนไปแสดงไว้ในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 : แสดงสีตัวอย่างภายหลังการแช่ในกาแฟและไวน์แดงเป็นเวลา 60 วัน

ในส่วนของปัจจัยเรื่องชนิดผลิตภัณฑ์ของเรซินคอมโพสิตพบว่า ทั้งการแช่ในกาแฟและไวน์แดงต่างให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ ฟิลเทคพี90 และเอสทีไลท์ซิกมาควิกด์ มีการเปลี่ยนสีน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ พรีเมซิส วินัส และฟิลเทคซี350เอกซ์ที ตามลำดับ โดยในกลุ่มที่แช่ไวน์แดงนั้นพบว่า ฟิลเทคซี350 เอกซ์ทีที่มีการเปลี่ยนสีสูงกว่าผลิตภัณฑ์อื่นอย่างชัดเจน รายละเอียดของผลการทดลองแสดงไว้ในภาพที่ 15 และตารางที่ 4

ภาพที่ 15 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) ภายหลังจากการแช่ในเครื่องดื่มเป็นเวลา 60 วัน



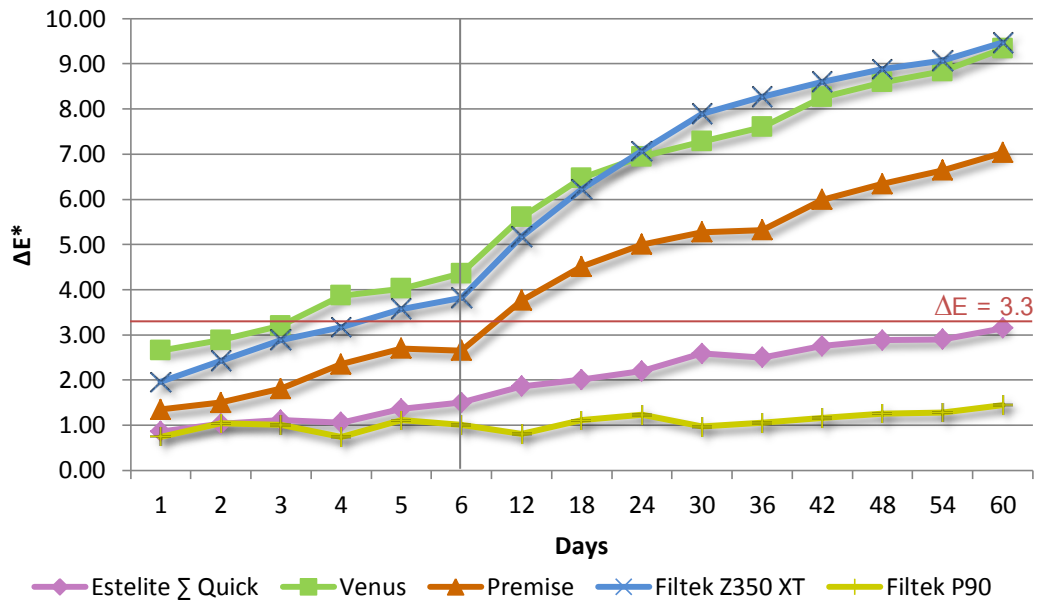
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) และความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ภายหลังจากการแช่เครื่องดื่มเป็นเวลา 60 วัน

Group	Estelite Σ Quick	Venus	Premise	Filtek Z350XT	Filtek P90
Coffee	3.15(0.57) <sup>b</sup>	9.33(0.79) <sup>e</sup>	7.03(0.50) <sup>d</sup>	9.47(1.25) <sup>e,f</sup>	1.45(0.44) <sup>a</sup>
Red wine	4.37(0.75) <sup>c</sup>	12.69(2.64) <sup>e,f</sup>	10.71(0.81) <sup>f</sup>	29.13(6.50) <sup>g</sup>	5.08(1.42) <sup>b,c,d</sup>

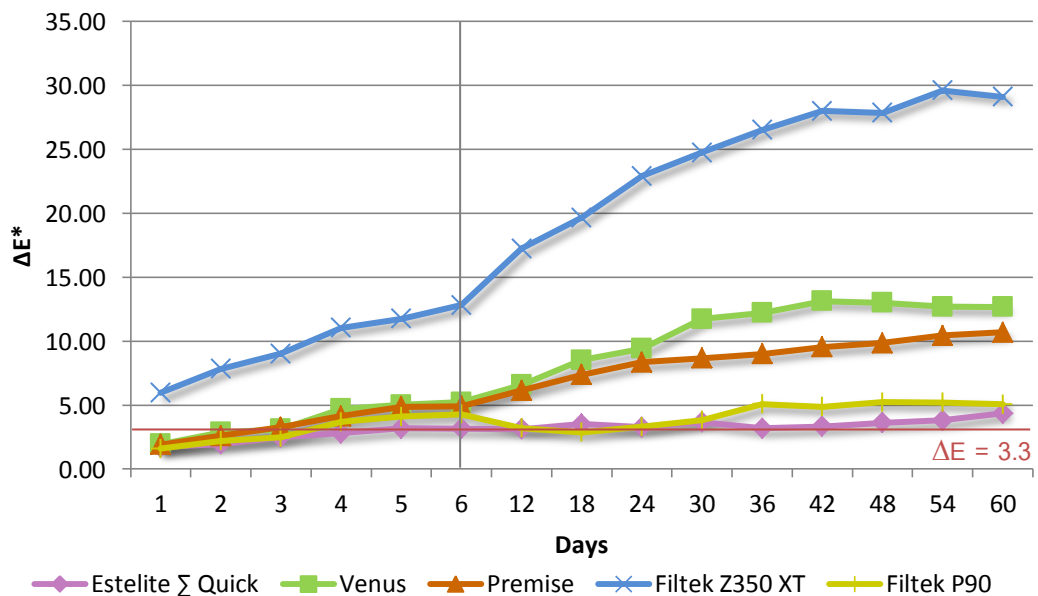
\*Statistical differences between groups are represented by lowercase letters (same letter denotes no statistical difference).

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนสีในแต่ละช่วงเวลาของการแช่ในเครื่องดื่ม พบว่าแนวโน้มในการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการแช่ในกาแฟและไวน์แดง มีแนวโน้มมากขึ้น ตามที่แสดงในภาพที่ 16 และ 17 ตามลำดับ

ภาพที่ 16 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) ภายหลังจากการแช่กาแฟในแต่ละช่วงเวลา



ภาพที่ 17 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต ( $\Delta E^*$ ) ภายหลังจากการแช่ไวน์แดงในแต่ละช่วงเวลา



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### อภิปรายผลการวิจัย

โดยปกติแล้ว ภายหลังจากการบูรณะฟัน วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตจะมีการสัมผัสกับสารสีต่างๆ ตลอดอายุการใช้งาน โดยเฉพาะจากอาหารและเครื่องดื่ม เป็นสาเหตุให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนสีไปในที่สุด จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงสีนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ไม่สมบูรณ์(61, 62) อัตราการดูดน้ำของวัสดุ(63, 64) ปฏิกิริยาทางเคมี(65, 66) อาหารและเครื่องดื่ม(17, 20, 35, 67, 68) และความเรียบของผิววัสดุ(69, 70) แม้การทดลองในห้องปฏิบัติการจะไม่สามารถจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ทั้งหมด แต่การทดลองนี้ได้จำลองการบูรณะและการใช้งานให้ใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด โดยขึ้นงานเรซินคอมโพสิตที่ถูกเตรียมขึ้นในการศึกษานี้ ได้รับการฉายแสงตามเวลาที่บริษัทผู้ผลิตวัสดุแต่ละผลิตภัณฑ์ได้แนะนำไว้ เพื่อให้ได้คุณสมบัติของวัสดุบูรณะที่ดีและสมบูรณ์ตามที่แต่ละผู้ผลิตได้ศึกษาและวิจัยมา และได้รับการขัดผิวขึ้นตัวอย่างภายหลังการฉายแสงด้วยกระดาษทรายที่มีความละเอียดขจัดใกล้เคียงกับหัวขัดที่ใช้ในทางคลินิก (ในที่นี้หมายถึงหัวขัดชนิดแผ่นกลม Sof-Lex™ discs, 3M ESPE, St.Paul, MN, USA) ในการแช่ขึ้นตัวอย่างลงในเครื่องตีมนั้น หากแช่ลงไปโดยตรงจะทำให้เครื่องตีมนสามารถซึมผ่านเข้าสู่ชิ้นตัวอย่างได้จากทุกทิศทาง ซึ่งอาจทำให้การเปลี่ยนสีของวัสดุเกิดขึ้นมากกว่าความเป็นจริงที่เกิดภายในช่องปาก เพราะอาหารหรือเครื่องดื่มจะมีการสัมผัสกับวัสดุบูรณะเฉพาะบางด้านเท่านั้น ไม่ได้สัมผัสโดยรอบเหมือนวัสดุที่ถูกแช่อยู่ในเครื่องตีม ดังนั้น ก่อนการแช่ขึ้นตัวอย่างจึงทำการปิดด้านตรงข้ามกับด้านที่ได้รับการฉายแสงด้วยเทปกาวใส เป็นการลดพื้นผิวสัมผัสของวัสดุกับเครื่องตีมให้น้อยลง นอกจากนี้ ในการออกแบบการทดลองยังได้ให้ความสำคัญกับการติดสีที่กำจัดออกได้ยากมากกว่าคราบสีที่เกาะอยู่บนผิววัสดุอย่างหลวมๆ โดยทำการขัดผิวของชิ้นตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์ก่อนการวัดสีทุกครั้ง เพื่อกำจัดสีที่เกาะอยู่อย่างหลวมๆ เพราะในชีวิตจริงวัสดุบูรณะจะได้รับการทำความสะอาดด้วยการแปรงฟันเป็นประจำ ดังนั้นคราบสีดังกล่าวย่อมถูกกำจัดออกได้โดยง่าย และไม่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุบูรณะ

เครื่องตีมที่เลือกใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ กาแฟและไวน์แดง เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่นิยมดื่มกันทั่วไป และมีความสามารถทำให้วัสดุบูรณะเกิดการเปลี่ยนสีได้มากกว่าเครื่องดื่มชนิดอื่น (17, 35, 67) กาแฟที่เลือกใช้กาแฟผงสำเร็จรูปเนื่องจากเป็นกาแฟส่วนใหญ่ที่คนไทยดื่ม ซึ่งจากการคาดการณ์ของศูนย์วิจัยกสิกรไทยในปี พ.ศ. 2552 ส่วนแบ่งการตลาดของกาแฟชนิดนี้จะอยู่ที่

ประมาณร้อยละ 68 โดยเมื่อพิจารณาแยกตามบริษัทผู้ผลิตพบว่า เนสกาแฟมีส่วนแบ่งการตลาดสูงสุด คือประมาณร้อยละ 90 (ข้อมูลจากบริษัท เนสท์เล่ (ประเทศไทย) จำกัด, สิงหาคม พ.ศ. 2553) ส่วนการเลือกไวน์แดงนั้น ตามข้อมูลจาก องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of The United Nations) พบว่า ในปีพ.ศ. 2549 และ 2550 ประเทศที่มีการผลิตไวน์มากที่สุดในโลกได้แก่ประเทศฝรั่งเศส ในการทดลองครั้งนี้จึงเลือกไวน์แดงที่ผลิตจากประเทศดังกล่าว

การกำหนดระยะเวลาในการแช่และการวัดสีแต่ละช่วงเวลานั้น อ้างอิงจากการศึกษาของ Ertaş และคณะ(17) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การแช่ชิ้นงานในเครื่องต้มเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเทียบได้กับการจำลองการต้มกาแฟทุกวันเป็นเวลา 1 เดือน ดังนั้นการวัดสีทุก 6 วันก็เพื่อจำลองการนัดกลับมาตรวจฟันทุก 6 เดือน และเวลาในการแช่ทั้งหมด 60 วันก็เท่ากับการใช้งานเป็นเวลา 5 ปี ในช่วง 6 วันแรกทำการวัดสีทุกวัน เนื่องจากในการทดลองนำร่องพบว่า ภายหลังจากแช่ชิ้นงานลงในเครื่องต้มนั้นจะเกิดการเปลี่ยนสีอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ดังนั้นเพื่อการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนสีในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างถูกต้อง จึงทำการวัดสีอย่างละเอียดในช่วงแรก แล้วเพิ่มระยะห่างของความถี่ในการวัดภายหลังจากผ่านไป 6 วันแรกไปแล้ว

เพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดและอคติในการวัดสี การศึกษานี้จึงใช้เครื่องวัดและเทียบสีด้วยระบบ ซีไออี แอลเอบี ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากมีความสามารถในการจำแนกความแตกต่างของสีได้แม้จะต่างกันเพียงเล็กน้อย สามารถบอกค่าความแตกต่างในเชิงปริมาณ (quantitative difference) และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาทางทันตกรรม(71-73) ค่าที่วัดได้สามารถนำมาใช้เทียบเคียงกับสถานการณ์จริงได้ โดยค่าความแตกต่างของสี ( $\Delta E^*$ ) ที่มากกว่า 1.1 หมายถึงความแตกต่างที่พอจะมองเห็นได้ และค่าที่มากกว่า 3.3 จะสามารถแยกแยะความแตกต่างได้ชัดเจนในทางคลินิก(9, 68)

#### การดูดซับเครื่องดื่มที่มีสีของเรซินคอมโพสิต

การทดสอบการดูดซับเครื่องดื่มที่มีสีในการทดลองนี้ดัดแปลงมาจากวิธีการวัดการดูดน้ำตามมาตรฐานไอเอสโอ 4049:2000(58) ซึ่งจะทำให้สามารถวัดปริมาณน้ำหรือของเหลวในเครื่องดื่มที่ถูกดูดซึมเข้าสู่วัสดุ และปริมาณน้ำดังกล่าวจะใช้เป็นตัวแทนของเครื่องดื่มที่ถูกดูดซึมเข้าสู่วัสดุ ทำให้การเตรียมชิ้นงานและเวลาในการแช่เครื่องดื่มสำหรับทดสอบการดูดซับเครื่องดื่มนั้นแตกต่างไปจากการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบความคงที่ของสี (ชิ้นงานสำหรับการทดสอบการดูดซับถูกขัดด้วยกระดาษทรายหมายเลข 1000 เท่านั้นและถูกแช่ในเครื่องดื่มเป็นเวลา 7 วัน ส่วนชิ้นงานสำหรับการทดสอบความคงที่ของสีถูกขัดด้วยกระดาษทรายหมายเลข 150 400 800

และ 2000 และถูกแช่ในเครื่องต้มเป็นเวลาทั้งสิ้น 60 วัน) ข้อดีของการเลือกกระบวนการที่แตกต่างกันดังกล่าวคือ ค่าการดูดซับที่ได้จะเกิดจากวิธีการทดสอบที่ค่อนข้างมีมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ในขณะที่การทดสอบความคงที่ของสีที่มีการแช่ในเครื่องต้มเป็นเวลานานกว่าก็สามารถใช้เทียบเคียงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ดีกว่า เมื่อคำนึงถึงข้อเสียนั้นคือการแช่ชิ้นงานในเครื่องต้มด้วยเวลาที่แตกต่างกันของทั้งสองการทดลอง พบว่าวิธีการทดสอบแบบที่กล่าวมาในข้างต้นน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับการวิจัยครั้งนี้

จากผลการทดสอบการดูดซับเครื่องต้มพบว่า ฟิลเทคพี90 มีการดูดซับเครื่องต้มน้อยที่สุด ทั้งจากการแช่ในกาแฟและไวน์แดง การดูดน้ำของวัสดุเรซินคอมโพสิตส่วนใหญ่เกิดขึ้นในส่วนของเรซินเมทริกซ์ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูดน้ำของเรซินคอมโพสิตก็คือชนิดและปริมาณของเรซินเมทริกซ์(40, 41) จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าชนิดของเรซินเมทริกซ์เป็นปัจจัยที่สำคัญของการดูดเครื่องต้มมากกว่าปริมาณของเรซินเมทริกซ์ เนื่องจากเมื่อพิจารณาปริมาณของเรซินเมทริกซ์แล้วพบว่า ฟิลเทคพี90 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเรซินเมทริกซ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่ใช้ในการทดลอง (วัสดุอัดแทรกร้อยละ 55 โดยปริมาตร) แต่องค์ประกอบหลักของเรซินเมทริกซ์ของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้คือ ไฮลอริน ซึ่งมีความไม่ชอบน้ำสูง (hydrophobic) และมีการดูดน้ำต่ำกว่าเรซินชนิดอื่น(41) ส่งผลให้เกิดการดูดซับเครื่องต้มได้น้อยที่สุดไปด้วย ส่วนเรซินคอมโพสิตอีก 4 ผลิตภัณฑ์ที่เหลือต่างมีองค์ประกอบหลักของเรซินเมทริกซ์เป็นเรซินในกลุ่มไดเมทาคริลเลทมอนอเมอร์เหมือนกัน ทำให้ปัจจัยในเรื่องของปริมาณเรซินเมทริกซ์มีบทบาทสำคัญในการดูดน้ำของวัสดุ โดยพบว่า พรีเม็กซ์ และเอสทีไลท์ซิกมาควิกค์ (วัสดุอัดแทรกร้อยละ 69 และ 71 โดยปริมาตร ตามลำดับ) มีการดูดซับเครื่องต้มน้อยกว่าวินัส และฟิลเทคซี350เอกซ์ที (วัสดุอัดแทรกร้อยละ 60 และ 63.3 โดยปริมาตร ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของมอนอเมอร์แต่ละชนิดจะพบว่า แม้ว่าจะเป็นเรซินในกลุ่มไดเมทาคริลเลทเหมือนกัน แต่ก็มีความแตกต่างกันของโครงสร้าง องค์ประกอบ รวมทั้งลักษณะการเกิดโครงข่ายพอลิเมอร์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการดูดน้ำของวัสดุเช่นกัน โดยพบว่าพอลิเมอร์ของทีอีจีดีเอ็มเอมีการดูดน้ำสูงสุด รองลงมาได้แก่บิส-จีเอ็มเอ ยูดีเอ็มเอ และบิส-อีเอ็มเอ ตามลำดับ(42) อุปสรรคอย่างหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ก็คือ แม้ว่าบริษัทผู้ผลิตจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของเรซินมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละผลิตภัณฑ์ แต่ก็ไม่ได้เปิดเผยปริมาณของแต่ละชนิดว่ามีอัตราส่วนมากน้อยเท่าไร อีกทั้งลักษณะโครงสร้างที่เกิดจากมอนอเมอร์หลายชนิดผสมกันก็อาจมีผลกับโครงข่ายพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการดูดน้ำของวัสดุได้เช่นกัน(53) ดังนั้น หากสามารถจัดเตรียมวัสดุที่ทราบทั้งชนิดและปริมาณของเรซินมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบมาใช้

ทดลองได้ จะทำให้ทราบถึงอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวต่อการดูดน้ำของเรซินคอมโพสิตได้กระจ่างมากขึ้น

เมื่อพิจารณาปัจจัยในเรื่องชนิดของเครื่องตีต่อการดูดซับเข้าสู่วัสดุเรซินคอมโพสิตนั้น พบว่า เรซินคอมโพสิตสามารถดูดซับไวน์แดงได้ดีกว่าหรือเท่ากับกาแฟ กล่าวคือ เอสทีไลท์ ซิกมาควิกค์ และวินัส สามารถดูดซับไวน์แดงได้มากกว่ากาแฟอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์อื่นที่เหลือไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุน่าจะเกี่ยวข้องกับชนิดของเรซินที่เป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยบิส-จีเอ็มเอซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักทั้งใน เอสทีไลท์ซิกมาควิกค์และวินัส สามารถดูดซับแอลกอฮอล์ได้มากกว่าน้ำมาก ในขณะที่บิส-อีเอ็มเอซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในพริมีสและฟิลเทคซี350เอกซ์ที่นั้นมีความแตกต่างระหว่างการดูดน้ำและแอลกอฮอล์ที่น้อยกว่า(74)

*ความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตเทียบตามชนิดของเครื่องตี*

จากผลการทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการแช่ในกาแฟและไวน์แดงเป็นเวลา 60 วัน พบว่าเรซินคอมโพสิตทุกผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบเกิดการเปลี่ยนสีในระดับที่พอมองเห็นได้ทั้งหมด ( $\Delta E^* > 1.1$ ) และเกือบทั้งหมดเกิดการเปลี่ยนสีอย่างเห็นได้ชัดเจนในทางคลินิก ( $\Delta E^* > 3.3$ ) ยกเว้นแต่เพียงกลุ่มฟิลเทคพี90 และเอสทีไลท์ซิกมาควิกค์ที่แช่กาแฟเป็นเวลา 60 วันเท่านั้นที่เกิดการเปลี่ยนสีเพียงเล็กน้อย ( $\Delta E^* < 3.3$ ) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตระหว่างการแช่ในกาแฟและไวน์แดงจะพบว่า ไวน์แดงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตได้มากกว่ากาแฟ ยกเว้นก็แต่เพียงกลุ่มวินัสเท่านั้นที่พบว่า การเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวก็สอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมาในอดีต(4, 16, 17, 35, 75) และเมื่อเทียบกับการทดสอบการดูดซับเครื่องตีของเรซินคอมโพสิตจะพบว่า ความสามารถในการดูดซับเครื่องตีน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสี โดยการทดลองครั้งนี้พบว่า ในภาพรวมแล้วเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดสอบสามารถดูดซับไวน์แดงได้มากกว่ากาแฟ ซึ่งสอดคล้องกับผลการเปลี่ยนสีที่ไวน์แดงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนสีได้มากกว่ากาแฟเช่นเดียวกัน

อีกสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างของการเปลี่ยนสีดังกล่าวน่าจะเกี่ยวข้องกับสารสีในเครื่องตีทั้งสองชนิดที่มีความแตกต่างกัน โดยการติดสีจากไวน์แดงเกิดขึ้นโดยแอลกอฮอล์ในเครื่องตีสามารถทำให้เกิดการอ่อนตัวของพื้นผิวเรซินคอมโพสิต ร่วมกับสารสีจากไวน์แดง(15, 76) สีจากไวน์แดงส่วนใหญ่เกิดจากแอนโทไซอะนิน (anthocyanin) และแทนนิน (tannin) โดยแอนโทไซอะนินเป็นสารสีที่ละลายน้ำ มีสีแดง ม่วง หรือน้ำเงิน ขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดต่าง



พบได้ทั่วไปในพืชหลายชนิดโดยเฉพาะในองุ่นแดงที่พบว่ามีอยู่ในปริมาณสูง(77) และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าแอนโทไซอะนินมีบทบาทสำคัญต่อสีของไวน์ ส่วนแทนนินเป็นสารสีน้ำตาลสามารถพบได้ทั้งในเปลือก แกน และเมล็ดขององุ่น นอกจากนี้ยังพบในถังไม้โอ๊กที่ใช้ในการบ่มไวน์อีกด้วย ส่วนสารสีในกาแฟเกิดขึ้นจากกระบวนการคาราเมลไลเซชัน (caramelization) ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนการคั่วเมล็ดกาแฟ โดยความร้อนจากการคั่วจะเข้าไปสลายโมเลกุลของแป้งและน้ำตาลในเมล็ดกาแฟ เกิดเป็นสารโมเลกุลใหม่หลายชนิด ส่วนหนึ่งทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นหอมและสารที่มีสีน้ำตาล(78, 79) อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างซับซ้อนและมีสารโมเลกุลใหม่เกิดขึ้นมากมายหลายร้อยชนิด ซึ่งปัจจุบันก็ยังไม่สามารถทำความเข้าใจได้อย่างกระจ่างชัด ทำให้ไม่สามารถระบุอย่างเฉพาะเจาะจงได้ว่าสารที่มีผลต่อสีของกาแฟนั้นมีโครงสร้างทางเคมีเป็นอย่างไร แต่เชื่อกันว่าจะเป็นสารสีที่มีขั้ว (polar colorant) ที่สามารถสะสมอยู่บนผิวและถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในวัสดุได้ จะเห็นได้ชัดว่าสารสีจากเครื่องดื่มทั้งสองชนิดน่าจะเป็นสารเคมีคนละชนิดกัน ความแตกต่างของโครงสร้างทางเคมี คุณสมบัติต่างๆ โดยเฉพาะขนาด น้ำหนักและความเข้ากันได้กับพอลิเมอร์แต่ละชนิด (compatibility) สิ่งเหล่านี้จะมีอิทธิพลโดยตรงต่อการติดสีของเรซินคอมโพสิตจากเครื่องดื่มดังกล่าว

อย่างไรก็ดี สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงจากการศึกษาในครั้งนี้ก็คือ วิธีการทดลองในการศึกษาที่อ้างอิงมาจากการศึกษาของ Ertas และคณะ(17) ซึ่งเมื่อพิจารณาในรายละเอียดแล้วจะพบว่าการศึกษาดังกล่าวได้อ้างอิงข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตกาแฟแห่งหนึ่งซึ่งประมาณปริมาณการดื่มกาแฟต่อคนอยู่ที่ 3.2 แก้วต่อวัน ซึ่งถือว่าเป็นอัตราบริโภคที่ค่อนข้างสูง (จากการคาดการณ์ของศูนย์วิจัยกสิกรไทยพบว่า อัตราการบริโภคกาแฟของคนไทยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0.4 แก้วต่อคนต่อวัน) อาจกล่าวได้ว่าวิธีการทดลองนี้เป็นการจำลองอุปนิสัยของคนที่ดื่มกาแฟในปริมาณค่อนข้างสูงเป็นประจำ ส่วนในกรณีของไวน์แดง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ อุปนิสัยโดยทั่วไปในการบริโภคเครื่องดื่ม โดยเฉลี่ยแล้วจะดื่มกาแฟในอัตราที่สูงและบ่อยกว่าไวน์แดง ดังนั้นแม้ว่าผลการศึกษานี้จะพบว่าไวน์แดงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตได้มากกว่ากาแฟ แต่การนำข้อมูลจากการศึกษาไปใช้จริงในทางคลินิกโดยเฉพาะการอ้างอิงเกี่ยวกับระยะเวลาในการใช้งานกับการเปลี่ยนสีของวัสดุ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจถึงวิธีการทดลองอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ถูกต้อง

### ความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตเทียบตามชนิดผลิตภัณฑ์ของเรซินคอมโพสิต

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์พบว่า ฟิลเทคพี90 และ เอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์ มีการเปลี่ยนสีน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่พรีมิส และวินัส ส่วนฟิลเทคซี350 เอกซ์ที มีการเปลี่ยนสีมากที่สุด โดยพบความแตกต่างที่ชัดเจนมากในกลุ่มที่แช่ไวน์แดง เมื่อนำผลการวัดการดูดซับเครื่องตีของเรซินคอมโพสิตมาเทียบความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนสีจะพบว่ามีความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือฟิลเทคพี90 ที่มีการเปลี่ยนสีน้อยที่สุดนั้นก็มีการดูดซับเครื่องตีน้อยที่สุด ในขณะที่วินัส และฟิลเทคซี350เอกซ์ที ที่มีการเปลี่ยนสีมากก็พบว่ามี การดูดซับเครื่องตีได้มากเช่นเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์นี้ก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Um และคณะ(68) จึงอาจกล่าวได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการดูดน้ำของเรซินคอมโพสิตนั้นคือ ชนิด และปริมาณของเรซินเมทริกซ์ ก็มีผลต่อความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตเช่นเดียวกัน

สำหรับฟิลเทคซี350เอกซ์ทีที่มีการเปลี่ยนมอนอเมอร์ที่ช่วยเพิ่มการไหลแผ่ (diluent monomer) จากทีอีจีดีเอ็มเอ ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์รุ่นเก่า คือ ฟิลเทคซี250 (Filtek Z250) มาเป็น พอลิเอธิลีนไกลคอลไดเมทาครีเลท หรือพีอีจีดีเอ็มเอ (Polyethylene glycol dimethacrylate, PEGDMA) เพื่อให้มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นโดยหวังผลในการแก้ปัญหาเรื่องการหดตัวของวัสดุ อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้วัสดุชนิดดังกล่าวมีการเปลี่ยนสีมากขึ้นได้ เนื่องจากโครงสร้างภายหลังการเกิดพอลิเมอร์ โดยเฉพาะในเรื่องความเป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุที่มีผลต่อการดูดน้ำของวัสดุ อีกทั้งยังอาจเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ได้ของมอนอเมอร์กับสารสีโดยเฉพาะสารสีในไวน์แดง เพราะผลการทดลองพบว่าฟิลเทคซี350เอกซ์ทีมีการเปลี่ยนสีที่เกิดจากไวน์แดงในระดับที่สูงมากกว่าวัสดุผลิตภัณฑ์อื่นอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่ผลการเปลี่ยนสีจากกาแฟนั้นจะพบว่าค่าความแตกต่างเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นก็ไม่ได้แตกต่างกันมาก ความเข้ากันได้ของมอนอเมอร์ชนิดดังกล่าวกับสารสีในไวน์แดงจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

สิ่งที่น่าสนใจอย่างหนึ่งในการทดลองนี้ก็คือ เอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์ที่มีการเปลี่ยนสีน้อยกว่าพรีมิส แต่กลับพบว่าสามารถดูดซับเครื่องตีได้มากกว่า จึงเป็นไปได้ว่านอกจากปัจจัยเรื่องความสามารถในการดูดซับเครื่องตีของเรซินคอมโพสิตแล้ว จะมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสีด้วย หนึ่งในปัจจัยดังกล่าวคือความหยาบ (roughness) ของพื้นผิววัสดุภายหลังการขัดจากการศึกษาของ Senawongse และคณะ(80) พบว่าแม้เอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์ และพรีมิส จะมีความหยาบผิวภายหลังการขัดด้วยหัวขัดไม้แตกต่างกัน แต่เมื่อผ่านการแปร่งด้วยแปรงสีฟันจะพบว่า เอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์จะมีความหยาบผิวน้อยกว่าพรีมิส เนื่องจากภายหลังการแปร่งจะทำให้เกิดการหลุดออกของวัสดุอุดแทรก เกิดเป็นหลุมขนาดเท่ากับวัสดุอุดแทรกที่หลุดออกไป เมื่อ

พิจารณาถึงส่วนประกอบในเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์พบว่า เอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์มีวัสดุอัดแทรกที่มีขนาดเล็กกว่า (0.2 ไมโครเมตร) จึงเกิดความหยาบผิวน้อยกว่าพรีมิสที่มีวัสดุอัดแทรกชนิดพรีพอลิเมอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่า (30 – 50 ไมโครเมตร) ในการทดลองนี้แม้ว่าจะใช้กระดาษทรายที่มีความละเอียดใกล้เคียงกับหัวขัดที่ใช้ในทางคลินิก แต่ความเร็วที่ใช้ขัดเป็นความเร็วต่ำเมื่อเทียบกับการขัดจริง จึงอาจทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่า อาจเป็นสาเหตุให้วัสดุอัดแทรกเกิดการหลุดออกจากวัสดุ และทำให้เกิดพื้นผิวที่มีความหยาบมากกว่า ส่งผลต่อการติดสีที่มากกว่าได้ในที่สุด

#### การเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตในแต่ละช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาแนวโน้มในการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตพบว่า กลุ่มที่แช่ในไวน์แดงจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วกว่ากลุ่มที่แช่ในกาแฟ โดยในช่วง 6 วันแรกของการแช่ในเครื่องดื่มเรซินคอมโพสิตเกือบทั้งหมดที่แช่ในไวน์แดงจะมีการเปลี่ยนสีจนถึงระดับที่สามารถสังเกตเห็นได้ในทางคลินิก ( $\Delta E^* > 3.3$ ) มีเพียงกลุ่มของเอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์เท่านั้นที่มีระดับต่ำกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย ( $\Delta E^* = 3.17$ ) ส่วนกลุ่มที่แช่ในกาแฟพบว่า ฟิลเทคพี90 ซึ่งมีไฮดรอกซีเป็นองค์ประกอบหลัก เอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์ และพรีมิส ซึ่งมีวัสดุอัดแทรกอยู่ในปริมาณสูง ในช่วง 6 วันแรกจะมีการเปลี่ยนสีต่ำกว่าระดับที่สามารถสังเกตเห็นได้ในทางคลินิก ( $\Delta E^* < 3.3$ ) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวัดสีอีกครั้งที่เวลา 12 วันของการแช่เครื่องดื่ม กลุ่มของพรีมิสที่แช่ในกาแฟก็มีการเปลี่ยนสีเพิ่มขึ้นจนสูงกว่าเกณฑ์ดังกล่าว สาเหตุน่าจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยเรื่องความหยาบผิวที่ได้อภิปรายมาแล้วในข้างต้น และเมื่อพิจารณาจากความแตกต่างของสีในแต่ละช่วงเวลาภายในแต่ละกลุ่มเองจะพบว่ากลุ่มที่แช่ในไวน์แดงส่วนใหญ่ (ยกเว้นกลุ่มของพรีมิส) เกิดการชะลอตัวของ การเปลี่ยนสี ในขณะที่กลุ่มที่แช่ในกาแฟจะมีอัตราการเปลี่ยนสีที่ค่อนข้างคงที่ โดยเห็นลักษณะความแตกต่างดังกล่าวได้ชัดเจนในกลุ่มของเอสทีไลท์ซิกมาควิกซ์ และวินัส ซึ่งสามารถดูดซับไวน์แดงได้มากกว่ากาแฟอย่างมีนัยสำคัญ จึงเชื่อได้ว่าการชะลอตัวดังกล่าวน่าจะเกิดจากวัสดุดูดซับเครื่องดื่มเข้าไปจนใกล้ถึงจุดอิ่มตัว ทำให้การเปลี่ยนสีเกิดการชะลอตัวลงตามผลดังกล่าว ในอนาคตหากสามารถทำการทดลองโดยแช่วัสดุในเครื่องดื่มเป็นเวลานานพอ อาจสามารถพบจุดอิ่มตัวของวัสดุแต่ละชนิดได้

## สรุปผลการวิจัย

1. ชนิดผลิตภัณฑ์ของเรซินคอมโพสิตและชนิดของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบมีผลต่อทั้งการดูดซับเครื่องมือและความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต
2. ฟิลเทคพี90 ซึ่งมีไซลอลเรนเป็นองค์ประกอบหลักในเรซินเมทริกซ์ แม้ว่าจะมีปริมาณของเรซินเมทริกซ์มากที่สุด แต่มีการดูดซับเครื่องมือและการเปลี่ยนสีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นในการทดลอง เรซินมอนอเมอร์ชนิดดังกล่าวจึงน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดูดซับเครื่องมือและการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต
3. เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในวัสดุที่มีองค์ประกอบของเรซินมอนอเมอร์เป็นกลุ่มไดเมธาครีลเอทเหมือนกัน ปริมาณของเรซินเมทริกซ์มีผลต่อการดูดซับเครื่องมือและความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิต

## ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากชนิดของเครื่องมือและเรซินคอมโพสิตแต่ละผลิตภัณฑ์มีผลต่อการเปลี่ยนสีที่แตกต่างกัน การชักประวัติเกี่ยวกับอุปนิสัยในการบริโภคของผู้ป่วยแต่ละคนร่วมกับการเลือกใช้วัสดุบูรณะให้เหมาะสมจึงมีผลต่อความสำเร็จในการรักษาโดยเฉพาะในเรื่องความสวยงามในระยะยาวของการบูรณะฟันหน้า การศึกษาถึงปัจจัยที่แท้จริงของการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิต โดยเฉพาะปัจจัยเรื่ององค์ประกอบแต่ละชนิดที่ใช้ในการผลิตวัสดุเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต้องศึกษาต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาวัสดุให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นในอนาคต

## รายการอ้างอิง

- (1) Stein PS, Sullivan J, Haubenreich JE, Osborne PB. Composite resin in medicine and dentistry. Journal of Long-Term Effects of Medical Implants. 15(6) (Jan 2005):641-54.
- (2) Bayne S TG, Taylor D. Dental materials. In: Roberson TM HH, Swift EJ, editor. Sturdevant's art & science of operative dentistry. 4th ed: Mosby; 2002. p. 135-234.
- (3) Hickel R, Heidemann D, Staehle HJ, Minnig P, Wilson NHF, Dentistry GSAfO, et al. Direct composite restorations: extended use in anterior and posterior situations. Clinical Oral Investigations. 8(2) (Jun 2004):43-4.
- (4) Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 17(1) (Jan 2001):87-94.
- (5) Mjör IA, Moorhead JE, Dahl JE. Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice. International Dental Journal. 50(6) (Dec 2000):361-6.
- (6) Al-Negrish ARS. Composite resin restorations: a cross-sectional survey of placement and replacement in Jordan. International Dental Journal. 52(6) (Dec 2002):461-8.
- (7) Asmussen E, Hansen EK. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. Scandinavian Journal of Dental Research. 94(2) (Apr 1986):174-7.
- (8) Noie F, O'Keefe KL, Powers JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. International Journal of Prosthodontics. 8(1) (Jan 1995):51-5.
- (9) Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. Journal of Dentistry. 33(5) (May 2005):389-98.
- (10) Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. Operative Dentistry. 21(2) (Jan 1996):73-80.

- (11) Janda R, Roulet J-F, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. European Journal of Oral Sciences. 112(3) (Jun 2004):280-5.
- (12) Janda R, Roulet J-F, Latta M, Steffin G, Rüttermann S. Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light. European Journal of Oral Sciences. 113(3) (Jun 2005):251-7.
- (13) Janda R. Synthetic resins. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Dental Materials. 5 ed. Weinheim: VCH Publishers; 1987. p. 227-84.
- (14) Shintani H, Inoue T, Yamaki M. Analysis of camphorquinone in visible light-cured composite resins. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 1(4) (Aug 1985):124-6.
- (15) Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. Journal of Prosthetic Dentistry. 95(2) (Feb 2006):137-42.
- (16) Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. European journal of dentistry. 3(1) (Jan 2009):50-6.
- (17) Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. Dental Materials Journal. 25(2) (May 2006):371-6.
- (18) Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. Operative Dent. 33(4) (Jan 2008):413-20.
- (19) Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study. Journal of Dentistry. [Comparative Study]. 38 Suppl 2 (2010):e137-42.
- (20) Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer AJ. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. Quintessence International. 41(8) (Sep 2010):695-702.
- (21) Fujita M, Kawakami S, Noda M, Sano H. Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food-simulating solutions. Dental Materials Journal. 25(2) (Jun 2006):352-9.

- (22) Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. The Journal of Prosthetic Dentistry. 94(2) (Aug 2005):118-24.
- (23) Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 10(6) (Nov 1994):353-62.
- (24) Osborne JW, Norman RD, Gale EN. A 12-year clinical evaluation of two composite resins. Quintessence International. 21(2) (Feb 1990):111-4.
- (25) Millar BJ, Robinson PB, Inglis AT. Clinical evaluation of an anterior hybrid composite resin over 8 years. British Dental Journal. 182(1) (Jan 1997):26-30.
- (26) Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. The 5-year clinical performance of direct composite additions to correct tooth form and position. I. Esthetic qualities. Clinical Oral Investigations. 1(1) (Feb 1997):12-8.
- (27) van Dijken JW. Durability of new restorative materials in Class III cavities. Journal of Adhesive Dentistry. 3(1) (Apr 2001):65-70.
- (28) Lucarotti PSK, Holder RL, Burke FJT. Outcome of direct restorations placed within the general dental services in England and Wales (Part 1): variation by type of restoration and re-intervention. Journal of Dentistry. 33(10) (Nov 2005):805-15.
- (29) Burke FJT, Lucarotti PSK, Holder R. Outcome of direct restorations placed within the general dental services in England and Wales (Part 4): influence of time and place. Journal of Dentistry. 33(10) (Nov 2005):837-47.
- (30) Iazzetti G, Burgess JO, Gardiner D, Ripps A. Color stability of fluoride-containing restorative materials. Operative Dentistry. 25(6) (Jan 2000):520-5.
- (31) Mundim FM, Garcia LdFR, Pires-de-Souza FdCP. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. J Appl Oral Sci. 18(3) (Jun 2010):249-54.
- (32) Türkün LS, Türkün M. Effect of bleaching and repolishing procedures on coffee and tea stain removal from three anterior composite veneering materials.

- Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]. 16(5) (Jan 2004):290-301; discussion -2.
- (33) Hafez R, Ahmed D, Yousry M, El-Badrawy W, El-Mowafy O. Effect of in-office bleaching on color and surface roughness of composite restoratives. European journal of dentistry. 4(2) (May 2010):118-27.
- (34) Wang L, Francisconi LF, Atta MT, Dos Santos JR, Del Padre NC, Gonini A, et al. Effect of Bleaching Gels on Surface Roughness of Nanofilled Composite Resins. European journal of dentistry. 5(2) (May 2011):173-9.
- (35) Omata Y, Uno S, Nakaoki Y, Tanaka T, Sano H, Yoshida S, et al. Staining of hybrid composites with coffee, oolong tea, or red wine. Dental Materials Journal. 25(1) (Mar 2006):125-31.
- (36) Begüm Türker S, Koçak A, Esra A. Effect of five staining solutions on the colour stability of two acrylics and three composite resins based provisional restorations. European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry. 14(1) (Mar 2006):2-6.
- (37) Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials. 28(26) (Sep 2007):3757-85.
- (38) Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. Scandinavian Journal of Dental Research. 90(6) (Dec 1982):490-6.
- (39) Buchalla W, Attin T, Hilgers R-D, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. The Journal of Prosthetic Dentistry. 87(3) (Mar 2002):264-70.
- (40) Kalachandra S, Turner DT. Water sorption of polymethacrylate networks: bis-GMA/TEGDM copolymers. Journal of Biomedical Materials Research. 21(3) (Mar 1987):329-38.
- (41) Santos C, Clarke RL, Braden M, Guitian F, Davy KW. Water absorption characteristics of dental composites incorporating hydroxyapatite filler. Biomaterials. 23(8) (Apr 2002):1897-904.



- (42) Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials. 24(4) (Feb 2003):655-65.
- (43) Frisch H. Sorption and transport in glassy polymers—a review. Polymer Engineering & Science. (Jan 1980).
- (44) Hoelck O. Gas Sorption and Swelling in Glassy Polymers : Combining Experiment, Phenomenological Models and Detailed Atomistic Molecular Modeling. Berlin: Universität Berlin; 2008.
- (45) Ganesh K, Nagarajan R, Duda J. Rate of gas transport in glassy polymers: a free volume based predictive model. Industrial & Engineering Chemistry Research. 31(3) (1992):746-55.
- (46) Vrentas... J. Diffusion in polymer—solvent systems. I. Reexamination of the free-volume theory. Journal of Polymer Science: Polymer .... (Jan 1977).
- (47) Darvell BW. Materials Science for Dentistry. 9 ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2009.
- (48) Andrady... A. Transport of hydrogen and carbon monoxide in highly crosslinked poly (propylene glycol) networks. Journal of Polymer Science: Polymer .... (Jan 1984).
- (49) Palin WM, Fleming GJP, Burke FJT, Marquis PM, Randall RC. The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 21(9) (Sep 2005):852-63.
- (50) Chen M-H. Update on dental nanocomposites. Journal of Dental Research. 89(6) (Jun 2010):549-60.
- (51) Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. Journal of Dental Research. 63(10) (Oct 1984):1248-54.
- (52) Kalachandra... S. Comparison of water sorption by methacrylate and dimethacrylate monomers and their corresponding polymers. Polymer. (Jan 1991).

- (53) Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials. 23(8) (2002):1819-29.
- (54) Kloosterboer J, VAN DE H. Inhomogeneity during the photopolymerization of diacrylates: DSC experiments and percolation theory. Polymer communications. (Jan 1984).
- (55) Elliott JE, Lovell LG, Bowman CN. Primary cyclization in the polymerization of bis-GMA and TEGDMA: a modeling approach to understanding the cure of dental resins. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 17(3) (May 2001):221-9.
- (56) Westland S, Ripamonti C. Computational colour science using MATLAB: John Wiley & Son; 2003.
- (57) Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Colour stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins-An in vitro study. Journal of Dentistry. (Jun 2010).
- (58) ISO 4049. Dentistry - Polymer-based filling, restorative and luting materials. Geneva2000.
- (59) ISO 6344-2. Coated abrasives - Grain size analysis - Part 2: Determination of grain size distribution of macrogrits P12 to P220. Geneva1998.
- (60) ISO 6344-3. Coated abrasives - Grain size analysis - Part 3: Determination of grain size distribution of microgrits P240 to P2500. Geneva1998.
- (61) Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 1(1) (Mar 1985):11-4.
- (62) Ferracane JL, Moser JB, Greener EH. Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins. The Journal of Prosthetic Dentistry. 54(4) (Oct 1985):483-7.
- (63) Douglas WH, Craig RG. Resistance to Extrinsic Stains by Hydrophobic Composite Resin Systems. Journal of Dental Research. 61(1) (Feb 1982):41-3.

- (64) Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. Dental Materials. 5(6) (Nov 1989):384-7.
- (65) Waerhaug J. Temporary restorations: advantages and disadvantages. Dental Clinics of North America. 24(2) (May 1980):305-16.
- (66) Pipko DJ, el-Sadeek M. An in vitro investigation of abrasion and staining of dental resins. Journal of Dental Research. [In Vitro]. 51(3) (May 1972):689-705.
- (67) Güler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Güler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. The Journal of Prosthetic Dentistry. [Comparative Study]. 94(2) (Aug 2005):118-24.
- (68) Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. Quintessence international (Berlin, Germany : 1985). 22(5) (Jun 1991):377-86.
- (69) Hachiya Y, Iwaku M, Hosoda H, Fusayama T. Relation of finish to discoloration of composite resins. The Journal of Prosthetic Dentistry. [In Vitro]. 52(6) (Dec 1984):811-4.
- (70) Van Groeningen G, Jongebloed W. Composite degradation in vivo. Dental Materials. (1986).
- (71) Scotti R, Mascellani SC, Forniti F. The in vitro color stability of acrylic resins for provisional restorations. The International journal of prosthodontics. [Comparative Study]. 10(2) (Mar 1997):164-8.
- (72) Seghi RR, Gritz MD, Kim J. Colorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. [Comparative Study]. 6(2) (May 1990):133-7.
- (73) Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. The Journal of Prosthetic Dentistry. 80(6) (Dec 1998):642-8.
- (74) Sideridou ID, Karabela MM. Sorption of water, ethanol or ethanol/water solutions by light-cured dental dimethacrylate resins. Dent Mater. 27(10) (Oct 2011):1003-10.

- (75) Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. Journal of the American Dental Association. 135(5) (May 2004):587-94; quiz 654.
- (76) Doray PG, Eldiwany MS, Powers JM. Effect of resin surface sealers on improvement of stain resistance for a composite provisional material. Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]. [Comparative Study]. 15(4) (2003):244-9; discussion 9-50.
- (77) Muñoz-Espada AC, Wood KV, Bordelon B, Watkins BA. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch grapes and wines. Journal of agricultural and food chemistry. 52(22) (Nov 2004):6779-86.
- (78) Kummer C. The joy of coffee: the essential guide to buying, brewing, and enjoying: Houghton Mifflin Harcourt; 2003.
- (79) Belitz H-D, Grosch W, Schieberle P. Food Chemistry: Springer Verlag; 2009.
- (80) Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]. [Comparative Study]. 19(5) (2007):265-73; discussion 74-5.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าการเปลี่ยนสี (เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของเอสทีไลท์ซิกมาควิกซีในกาแฟ

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	0.55	0.84	1.28	0.81	1.46	1.21	1.62	1.85	1.46	1.91	1.86	2.10	2.09	2.25	2.61
2	0.83	0.78	1.47	0.95	1.54	1.44	2.03	1.94	2.15	2.69	2.30	2.53	2.78	3.02	2.97
3	1.23	0.53	0.33	0.96	1.20	1.07	1.81	1.47	1.62	2.39	1.98	2.70	2.55	2.97	2.97
4	0.53	1.35	0.91	1.02	1.21	1.52	1.84	2.14	1.90	2.24	2.38	2.22	2.42	2.52	3.23
5	0.91	1.20	0.87	1.02	1.18	1.55	1.65	2.03	2.29	2.63	2.82	3.10	3.74	2.70	3.33
6	1.27	1.25	1.19	1.16	1.39	1.42	1.50	2.29	2.62	2.99	3.17	3.38	3.21	3.36	3.60
7	0.57	0.68	0.54	0.63	1.02	0.98	1.44	1.26	1.73	2.25	1.89	1.99	2.15	2.08	2.33
8	0.55	1.11	0.77	0.98	1.03	1.20	1.64	1.82	2.35	2.81	2.97	3.34	3.09	3.26	2.83
9	1.44	1.11	1.67	1.10	1.20	2.35	2.67	2.85	2.89	3.03	2.82	2.94	3.55	3.56	3.22
10	0.69	1.46	2.08	1.97	2.35	2.25	2.38	2.50	3.03	3.00	2.81	3.21	3.20	3.29	4.40
<b>เฉลี่ย</b>	<b>0.86</b>	<b>1.03</b>	<b>1.11</b>	<b>1.06</b>	<b>1.36</b>	<b>1.50</b>	<b>1.86</b>	<b>2.01</b>	<b>2.20</b>	<b>2.59</b>	<b>2.50</b>	<b>2.75</b>	<b>2.88</b>	<b>2.90</b>	<b>3.15</b>
SD	0.34	0.31	0.53	0.35	0.39	0.46	0.40	0.47	0.54	0.38	0.48	0.52	0.57	0.50	0.57

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของเอสทีไลท์ซิกมาควิกซีในไวน์แดง

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	1.64	1.71	2.72	2.59	3.19	3.17	2.77	3.50	3.69	3.67	3.17	3.24	3.99	4.10	4.49
2	1.48	2.20	1.92	2.93	3.63	3.28	2.79	3.40	2.91	3.66	3.62	3.97	3.91	4.23	5.23
3	2.10	1.94	2.46	2.39	2.73	2.85	2.79	3.18	2.79	3.05	3.11	2.99	2.86	3.35	3.77
4	2.28	2.48	3.52	3.45	3.78	3.67	4.12	5.10	3.74	4.59	4.22	4.82	4.95	4.84	5.55
5	1.91	2.33	2.06	2.68	2.97	2.70	3.11	3.75	3.31	3.91	3.55	3.55	4.37	4.01	4.66
6	1.64	1.61	2.14	3.12	3.44	3.17	3.00	2.65	3.62	3.19	3.06	2.84	3.27	3.42	4.01
7	2.26	1.27	2.90	3.44	2.95	2.74	3.27	2.98	2.93	3.70	2.60	3.75	2.89	3.36	4.24
8	1.63	1.95	2.91	2.64	2.93	3.52	2.85	3.54	3.36	3.42	3.26	3.03	3.28	3.81	3.87
9	1.49	2.64	2.61	3.12	3.52	4.02	4.18	3.91	4.04	4.58	3.63	3.48	4.26	4.77	4.86
10	1.06	1.47	1.74	1.87	2.86	2.56	2.38	3.39	2.38	2.99	1.64	1.77	2.52	2.42	3.03
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.75</b>	<b>1.96</b>	<b>2.50</b>	<b>2.82</b>	<b>3.20</b>	<b>3.17</b>	<b>3.13</b>	<b>3.54</b>	<b>3.28</b>	<b>3.68</b>	<b>3.19</b>	<b>3.34</b>	<b>3.63</b>	<b>3.83</b>	<b>4.37</b>
SD	0.39	0.45	0.54	0.49	0.37	0.47	0.59	0.66	0.52	0.57	0.70	0.80	0.78	0.73	0.75

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของวินด์ในกาแฟ

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	2.31	2.68	3.23	3.57	3.98	4.25	5.24	6.64	7.32	7.20	7.48	8.36	8.44	8.78	9.75
2	2.86	3.02	3.24	3.94	4.27	4.28	5.80	6.65	7.15	7.53	8.06	9.01	8.66	9.10	8.52
3	1.98	2.28	2.67	3.03	3.22	3.48	4.60	5.39	5.98	6.51	6.78	7.12	7.67	7.46	8.57
4	2.11	2.53	2.86	3.28	3.55	3.86	5.07	5.51	6.13	6.77	6.93	7.33	8.05	8.23	8.67
5	2.28	2.74	3.08	3.70	3.86	4.09	5.38	6.18	6.76	7.29	7.51	8.05	8.60	8.90	9.49
6	2.43	2.86	3.17	3.73	3.96	4.24	5.54	6.38	6.37	7.08	7.62	7.96	8.17	8.72	9.38
7	2.32	2.30	2.72	3.38	3.65	3.63	5.21	6.02	6.58	6.86	7.17	7.72	7.97	8.72	9.02
8	5.10	5.01	4.84	6.53	6.27	8.06	8.23	9.33	9.39	9.14	9.39	11.14	11.06	10.62	11.21
9	2.66	2.87	3.19	3.81	3.69	4.02	5.52	6.40	6.95	7.41	7.80	8.15	8.73	9.00	9.53
10	2.47	2.56	3.01	3.69	3.78	3.72	5.36	6.20	6.78	6.97	7.30	7.72	8.50	8.77	9.14
<b>เฉลี่ย</b>	<b>2.65</b>	<b>2.88</b>	<b>3.20</b>	<b>3.87</b>	<b>4.02</b>	<b>4.36</b>	<b>5.60</b>	<b>6.47</b>	<b>6.94</b>	<b>7.28</b>	<b>7.60</b>	<b>8.26</b>	<b>8.59</b>	<b>8.83</b>	<b>9.33</b>
SD	0.90	0.78	0.61	0.97	0.84	1.33	0.98	1.09	0.96	0.72	0.73	1.14	0.94	0.79	0.79

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของวินด์ในไวน์แดง

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	1.61	2.38	3.01	3.91	4.20	4.19	6.23	7.03	8.24	10.20	11.04	10.97	11.31	10.75	10.53
2	1.62	2.39	2.66	4.01	4.27	4.76	5.87	7.72	9.19	11.49	11.48	13.13	13.22	12.81	12.16
3	2.63	4.07	4.29	6.48	6.56	6.58	8.79	10.75	12.14	14.23	14.44	14.72	16.05	14.21	15.80
4	1.45	2.38	3.12	4.20	5.72	4.88	6.34	8.24	8.83	11.19	11.39	12.62	12.76	12.49	11.77
5	3.09	4.39	4.39	7.06	7.77	8.29	9.11	10.69	11.98	13.96	15.56	15.57	15.86	15.19	16.88
6	1.78	2.71	3.24	3.95	4.34	4.90	6.29	8.30	8.94	11.72	11.53	13.63	13.22	12.78	12.12
7	1.59	2.26	2.05	4.01	4.00	4.59	5.31	6.98	7.75	8.85	9.88	10.57	10.65	10.85	9.82
8	1.59	2.18	1.99	4.05	3.59	4.31	5.26	7.18	7.55	9.78	10.02	11.13	10.67	10.65	10.64
9	2.44	3.63	4.20	5.71	6.07	6.15	7.44	11.02	12.00	15.73	16.33	17.40	14.84	16.04	16.35
10	1.77	2.53	2.43	3.78	3.74	3.86	5.25	7.37	7.79	10.23	10.60	11.69	11.58	11.36	10.79
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.96</b>	<b>2.89</b>	<b>3.14</b>	<b>4.72</b>	<b>5.03</b>	<b>5.25</b>	<b>6.59</b>	<b>8.53</b>	<b>9.44</b>	<b>11.74</b>	<b>12.23</b>	<b>13.14</b>	<b>13.02</b>	<b>12.71</b>	<b>12.69</b>
SD	0.56	0.82	0.90	1.22	1.41	1.36	1.41	1.65	1.87	2.22	2.33	2.22	2.02	1.91	2.64



ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของพรีมึสในกาแฟ

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	1.76	1.59	1.84	2.44	2.68	2.82	3.86	4.53	4.74	5.01	5.18	5.99	6.07	6.31	6.62
2	1.22	1.44	1.86	2.23	2.46	2.49	3.73	4.92	5.05	5.45	5.21	6.00	6.37	6.79	7.00
3	1.49	1.47	1.78	2.45	2.93	2.80	4.07	4.77	5.32	5.64	5.78	6.21	6.63	7.14	7.49
4	1.20	1.24	1.77	1.90	2.40	2.22	3.49	3.82	4.46	4.69	5.09	5.59	5.88	6.14	6.58
5	1.33	1.71	2.08	2.68	2.93	3.01	4.09	4.94	5.57	5.90	4.97	6.35	6.69	6.98	7.80
6	1.46	1.36	1.73	2.09	2.71	2.52	3.45	4.32	4.61	4.96	5.16	5.70	5.68	6.14	6.96
7	1.28	1.92	1.78	2.66	2.71	2.91	3.96	4.85	5.52	5.78	5.83	6.40	6.88	7.39	7.57
8	1.24	1.21	1.59	2.04	2.38	2.22	3.30	3.84	4.38	4.59	4.69	5.19	5.93	6.15	6.22
9	1.20	1.56	2.01	2.65	3.08	3.06	4.11	4.92	5.60	5.59	5.74	6.64	7.21	6.98	7.27
10	1.28	1.54	1.68	2.32	2.68	2.49	3.59	4.16	4.72	5.10	5.52	5.83	6.04	6.37	6.78
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.35</b>	<b>1.50</b>	<b>1.81</b>	<b>2.35</b>	<b>2.70</b>	<b>2.65</b>	<b>3.76</b>	<b>4.51</b>	<b>5.00</b>	<b>5.27</b>	<b>5.32</b>	<b>5.99</b>	<b>6.34</b>	<b>6.64</b>	<b>7.03</b>
SD	0.18	0.21	0.15	0.28	0.24	0.31	0.30	0.44	0.48	0.46	0.38	0.43	0.50	0.47	0.50

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของพรีมึสในไวน์แดง

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	1.94	2.67	3.73	4.66	4.99	5.48	6.66	7.76	8.60	9.11	9.39	9.98	10.22	10.89	11.18
2	0.98	2.71	2.38	3.53	4.72	3.80	5.20	6.71	7.13	7.57	7.93	8.36	8.91	9.32	9.60
3	1.85	2.29	3.21	4.04	4.72	4.49	5.79	6.91	7.94	8.13	8.46	8.98	9.29	9.84	10.10
4	2.29	2.48	3.27	3.86	4.73	4.92	5.82	7.04	8.02	8.55	8.59	9.30	9.68	10.37	10.46
5	2.25	3.06	3.88	4.85	5.10	5.32	7.00	9.13	10.15	10.26	10.66	11.23	11.72	12.20	12.66
6	1.89	2.83	3.32	4.04	4.79	5.32	6.52	7.69	8.47	8.79	9.24	9.48	9.80	10.47	10.69
7	2.10	2.93	3.36	4.58	5.49	5.55	6.30	7.52	8.24	8.68	8.80	9.31	9.73	10.44	10.76
8	1.78	2.43	3.10	3.83	4.73	5.03	6.28	7.45	8.60	8.97	9.15	9.69	10.26	10.64	10.82
9	2.46	2.61	3.16	4.12	4.71	4.47	5.92	6.77	7.73	8.41	8.59	9.11	9.40	10.21	10.39
10	1.61	2.22	3.40	4.04	4.80	4.78	6.17	6.98	8.86	8.32	9.35	10.01	9.80	10.16	10.48
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.92</b>	<b>2.62</b>	<b>3.28</b>	<b>4.16</b>	<b>4.88</b>	<b>4.92</b>	<b>6.16</b>	<b>7.40</b>	<b>8.37</b>	<b>8.68</b>	<b>9.02</b>	<b>9.55</b>	<b>9.88</b>	<b>10.46</b>	<b>10.71</b>
SD	0.42	0.27	0.40	0.41	0.25	0.55	0.51	0.72	0.80	0.71	0.74	0.77	0.76	0.75	0.81

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของฟิล์มเคลือบ 350 แองคstrom ในกาแฟ

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	1.60	1.71	2.42	3.03	3.23	3.43	4.81	5.97	6.80	7.78	8.36	8.41	8.86	9.19	9.33
2	1.74	2.46	2.77	3.35	3.80	3.90	5.14	6.08	6.98	8.07	8.57	8.87	9.06	9.29	9.57
3	1.79	2.54	3.20	2.59	3.13	3.45	4.34	5.27	5.67	6.85	6.99	7.48	7.52	7.40	7.83
4	1.83	1.93	2.31	2.48	3.01	3.17	4.69	5.95	6.59	7.60	7.81	7.66	7.99	8.20	9.02
5	3.31	3.96	4.58	4.80	5.15	5.58	7.38	8.27	9.36	9.95	10.43	10.74	11.39	11.39	12.16
6	1.57	1.92	2.37	2.79	3.24	3.47	5.01	6.16	7.10	8.03	8.61	8.92	9.27	9.48	9.95
7	2.61	2.31	2.55	3.32	3.70	3.84	4.90	5.74	6.98	7.44	7.43	8.35	8.11	9.02	8.77
8	1.66	2.42	2.89	3.34	3.62	4.09	5.62	6.45	7.56	8.08	8.68	9.25	9.45	9.65	10.07
9	2.17	3.21	3.55	3.89	4.33	4.45	5.72	6.87	7.60	8.56	8.87	8.96	9.20	9.53	10.13
10	1.26	1.85	2.24	2.13	2.46	2.76	4.06	5.45	6.06	6.57	6.99	7.35	7.94	7.56	7.91
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.96</b>	<b>2.43</b>	<b>2.89</b>	<b>3.17</b>	<b>3.57</b>	<b>3.82</b>	<b>5.17</b>	<b>6.22</b>	<b>7.07</b>	<b>7.89</b>	<b>8.27</b>	<b>8.60</b>	<b>8.88</b>	<b>9.07</b>	<b>9.47</b>
SD	0.60	0.69	0.73	0.77	0.75	0.78	0.93	0.85	1.00	0.94	1.03	1.01	1.11	1.15	1.25

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของฟิล์มเคลือบ 350 แองคstrom ในไวน์แดง

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	5.62	8.64	10.74	11.65	12.71	13.55	20.52	24.81	27.49	30.66	32.64	33.78	34.71	35.84	35.59
2	3.95	5.36	6.00	7.12	7.18	8.12	11.44	14.56	15.95	17.60	18.40	20.11	20.66	21.99	21.90
3	4.09	5.28	6.13	7.11	7.36	8.59	11.19	14.08	15.38	18.93	18.85	21.84	21.31	23.39	22.62
4	11.30	10.80	12.45	20.51	19.92	20.84	23.86	24.81	28.73	32.43	34.24	36.29	30.64	35.72	35.70
5	4.00	6.15	7.58	7.88	8.44	10.97	16.58	20.80	19.48	22.74	26.10	25.06	28.98	27.01	27.32
6	9.55	13.79	13.10	16.68	17.41	20.76	22.17	24.44	33.77	32.95	33.50	38.03	33.94	37.52	38.69
7	6.60	9.15	11.52	12.52	13.41	13.03	20.84	23.05	26.56	28.67	30.39	31.36	33.95	35.37	33.76
8	7.60	8.78	10.06	11.20	14.57	14.71	21.60	21.04	26.65	25.54	32.69	29.55	31.02	34.10	30.22
9	3.13	4.91	6.00	8.15	7.86	8.11	11.61	14.83	17.91	19.25	19.35	22.72	22.01	23.62	23.63
10	4.00	5.49	6.79	7.91	8.82	9.59	12.68	14.37	17.24	18.87	19.22	21.48	21.40	21.70	21.84
<b>เฉลี่ย</b>	<b>5.98</b>	<b>7.84</b>	<b>9.04</b>	<b>11.07</b>	<b>11.77</b>	<b>12.83</b>	<b>17.25</b>	<b>19.68</b>	<b>22.92</b>	<b>24.76</b>	<b>26.54</b>	<b>28.02</b>	<b>27.86</b>	<b>29.63</b>	<b>29.13</b>
SD	2.75	2.93	2.84	4.51	4.54	4.80	5.10	4.70	6.45	6.07	6.90	6.63	5.88	6.62	6.50

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของฟิล์มเคพี90ในกาแฟ

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	0.72	1.59	1.21	1.01	1.45	1.39	0.60	0.70	0.71	0.63	0.50	1.02	0.88	0.86	1.26
2	0.72	0.93	0.65	0.51	1.15	0.79	0.73	1.15	1.15	0.89	0.65	1.41	1.53	1.52	1.93
3	1.18	1.55	1.47	0.84	1.54	1.04	0.50	1.03	0.80	0.27	0.44	0.97	0.77	0.82	0.71
4	0.36	1.27	0.60	0.32	0.99	0.85	0.36	0.80	0.81	0.85	0.90	1.27	1.11	1.24	1.37
5	0.07	0.32	0.90	0.35	0.63	0.46	0.68	1.42	1.50	0.94	0.86	1.25	1.34	1.48	1.52
6	1.03	0.52	0.91	0.51	1.29	0.96	0.49	0.84	1.08	1.07	1.11	1.11	1.15	1.10	1.63
7	1.12	1.08	1.79	1.39	1.65	1.45	1.48	1.14	1.49	1.24	1.68	1.53	1.93	1.63	2.16
8	1.08	1.24	1.20	1.34	1.19	1.29	1.50	1.62	1.58	1.44	1.38	0.94	0.85	1.82	0.97
9	0.51	1.14	0.72	0.34	0.53	1.06	0.72	1.37	1.67	1.37	1.44	0.95	1.74	1.11	1.76
10	0.67	0.72	0.65	0.83	0.71	0.82	1.01	1.07	1.53	1.03	1.52	1.12	1.32	1.17	1.17
<b>เฉลี่ย</b>	<b>0.75</b>	<b>1.04</b>	<b>1.01</b>	<b>0.74</b>	<b>1.11</b>	<b>1.01</b>	<b>0.81</b>	<b>1.11</b>	<b>1.23</b>	<b>0.97</b>	<b>1.05</b>	<b>1.16</b>	<b>1.26</b>	<b>1.28</b>	<b>1.45</b>
SD	0.36	0.42	0.40	0.40	0.39	0.30	0.40	0.29	0.37	0.35	0.44	0.20	0.39	0.33	0.44

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี(เดลต้าอี) ของแต่ละชั้นตัวอย่างของฟิล์มเคพี90ในไวน์แดง

วันที่ ชั้นที่	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1	1.75	2.57	3.05	4.31	4.53	4.63	3.40	3.05	3.93	4.15	5.14	5.03	5.98	6.47	6.69
2	2.55	2.64	2.21	3.22	4.22	3.85	2.97	2.87	3.89	4.19	5.24	5.26	6.00	6.03	5.90
3	0.98	1.50	2.00	2.44	2.68	2.45	2.34	1.63	2.56	2.80	4.63	4.36	4.18	4.79	3.88
4	1.85	2.27	3.43	4.03	4.68	4.51	2.72	2.69	3.32	4.00	6.14	4.94	5.65	5.67	6.03
5	1.44	2.34	2.91	3.58	4.98	5.60	3.95	3.25	3.73	4.56	5.33	4.83	5.75	5.47	4.50
6	1.66	2.50	2.71	4.46	4.63	4.50	3.86	3.56	3.80	4.17	5.75	6.03	5.40	4.81	6.28
7	0.80	1.57	1.86	2.39	2.60	3.54	2.41	2.31	1.86	2.47	3.58	2.74	2.91	3.36	2.59
8	1.63	1.94	2.30	4.01	4.10	4.67	3.81	3.62	3.46	3.79	5.23	4.75	4.41	5.09	5.01
9	1.31	1.35	1.72	2.97	3.18	3.74	2.52	1.90	2.10	2.83	3.38	4.45	5.56	4.24	3.44
10	2.28	3.42	2.83	5.57	5.64	5.65	4.20	4.00	4.67	5.22	6.46	6.54	6.61	6.24	6.45
<b>เฉลี่ย</b>	<b>1.62</b>	<b>2.21</b>	<b>2.50</b>	<b>3.70</b>	<b>4.12</b>	<b>4.31</b>	<b>3.22</b>	<b>2.89</b>	<b>3.33</b>	<b>3.82</b>	<b>5.09</b>	<b>4.89</b>	<b>5.25</b>	<b>5.22</b>	<b>5.08</b>
SD	0.54	0.63	0.57	0.99	1.00	0.96	0.71	0.77	0.89	0.86	1.00	1.02	1.10	0.96	1.42

ภาคผนวก ข  
ค่าการดูดซับเครื่องดื่มที่มีสีของแต่ละชั้นตัวอย่าง  
ของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด

ตารางแสดงค่าการดูดซับกาแฟของแต่ละชั้นตัวอย่าง (หน่วย ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร)

ชั้นที่	วัสดุ	เอสทีไลท์ ซิกมาควิกซ์	วินัส	พรีมิส	ฟิลเทคซี350 เอกซ์ที	ฟิลเทคพี90
1		17.82	23.51	16.77	26.75	9.94
2		19.48	21.46	17.21	26.79	8.60
3		18.85	22.31	17.06	26.61	8.02
4		18.07	22.52	16.17	26.95	9.23
5		18.73	20.89	17.20	26.20	8.40
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>18.59</b>	<b>22.14</b>	<b>16.88</b>	<b>26.66</b>	<b>8.84</b>
	<b>SD</b>	<b>0.66</b>	<b>1.01</b>	<b>0.43</b>	<b>0.28</b>	<b>0.75</b>

ตารางแสดงค่าการดูดซับไวน์แดงของแต่ละชั้นตัวอย่าง (หน่วย ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร)

ชั้นที่	วัสดุ	เอสทีไลท์ ซิกมาควิกซ์	วินัส	พรีมิส	ฟิลเทคซี350 เอกซ์ที	ฟิลเทคพี90
1		21.48	23.99	17.04	26.47	7.47
2		20.27	22.29	17.47	27.27	8.67
3		19.44	24.42	17.63	26.87	8.56
4		20.26	24.72	17.77	28.02	7.48
5		20.53	24.88	17.15	27.39	7.84
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>20.39</b>	<b>24.06</b>	<b>17.41</b>	<b>27.20</b>	<b>8.00</b>
	<b>SD</b>	<b>0.73</b>	<b>1.05</b>	<b>0.31</b>	<b>0.58</b>	<b>0.58</b>

ภาคผนวก ค

ค่าสถิติการทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตภายหลังการแช่ใน  
เครื่องต้มที่มีสีเป็นเวลา 60 วัน

DATASET ACTIVATE DataSet2.

SPLIT FILE SEPARATE BY drink composite.

NPAR TESTS

/K-S(NORMAL)=delta\_E60

/MISSING ANALYSIS.

## NPar Tests

Notes	
Output Created	16-ส.ค.-2554, 21 นาที 55 นาที
Comments	
Input	Data
	C:\Users\Ratcha\Dropbox\_Thesis\Stat \Thesis_Color.sav
	Active Dataset
	DataSet2
	Filter
	<none>
	Weight
	<none>
	Split File
	drink, composite
	N of Rows in Working Data
	100
	File
Missing Value Handling	Definition of Missing
	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used
	Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.
Syntax	NPAR TESTS /K-S(NORMAL)=delta_E60 /MISSING ANALYSIS.
Resources	Processor Time
	00 00:00:00.015
	Elapsed Time
	00 00:00:00.015
	Number of Cases Allowed <sup>a</sup>
	196608

a. Based on availability of workspace memory.

[DataSet2] C:\Users\Ratcha\Dropbox\\_Thesis\Stat\Thesis\_Color.sav

**drink = coffee, composite = Estelite Sigma**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	3.1490
	Std. Deviation	.57154
Most Extreme Differences	Absolute	.176
	Positive	.176
	Negative	-.088
Kolmogorov-Smirnov Z		.556
Asymp. Sig. (2-tailed)		.917

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = coffee, composite = Estelite Sigma

**drink = coffee, composite = Venus**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	9.3280
	Std. Deviation	.78743
Most Extreme Differences	Absolute	.199



	Positive	.199
	Negative	-.152
Kolmogorov-Smirnov Z		.629
Asymp. Sig. (2-tailed)		.824

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = Venus

**drink = coffee, composite = Premise**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	7.0290
	Std. Deviation	.49985
Most Extreme Differences	Absolute	.123
	Positive	.123
	Negative	-.122
Kolmogorov-Smirnov Z		.389
Asymp. Sig. (2-tailed)		.998

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = Premise

**drink = coffee, composite = Z350XT**

		delta_E60
N		10

Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	9.4740
	Std. Deviation	1.25199
Most Extreme Differences	Absolute	.200
	Positive	.200
	Negative	-.095
Kolmogorov-Smirnov Z		.633
Asymp. Sig. (2-tailed)		.818

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = Z350XT

**drink = coffee, composite = P90**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1.4480
	Std. Deviation	.44307
Most Extreme Differences	Absolute	.070
	Positive	.070
	Negative	-.065
Kolmogorov-Smirnov Z		.221
Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = P90

**drink = red wine, composite = Estelite Sigma**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	4.3710
	Std. Deviation	.74705
Most Extreme Differences	Absolute	.111
	Positive	.086
	Negative	-.111
Kolmogorov-Smirnov Z		.350
Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = red wine, composite = Estelite Sigma

**drink = red wine, composite = Venus**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	12.6860
	Std. Deviation	2.64136
Most Extreme Differences	Absolute	.279
	Positive	.279
	Negative	-.181
Kolmogorov-Smirnov Z		.882
Asymp. Sig. (2-tailed)		.418

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = red wine, composite = Venus

**drink = red wine, composite = Premise**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	10.7140
	Std. Deviation	.80693
Most Extreme Differences	Absolute	.248
	Positive	.248
	Negative	-.144
Kolmogorov-Smirnov Z		.783
Asymp. Sig. (2-tailed)		.571

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = red wine, composite = Premise

**drink = red wine, composite = Z350XT**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	29.1270
	Std. Deviation	6.49990
Most Extreme Differences	Absolute	.201
	Positive	.201
	Negative	-.162
Kolmogorov-Smirnov Z		.636
Asymp. Sig. (2-tailed)		.813

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = red wine, composite = Z350XT

**drink = red wine, composite = P90**

		delta_E60
N		10
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	5.0770
	Std. Deviation	1.42028
Most Extreme Differences	Absolute	.219
	Positive	.128
	Negative	-.219
Kolmogorov-Smirnov Z		.692
Asymp. Sig. (2-tailed)		.724

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = red wine, composite = P90

SPLIT FILE OFF.

UNIANOVA delta\_E60 BY drink composite

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/PRINT=DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=drink composite drink\*composite.

## Univariate Analysis of Variance

### Notes

Output Created

16-ส.บ.-2554, 21 นาที 57 นาที

Comments		
Input	Data	C:\Users\Ratcha\Dropbox\_Thesis\Stat \Thesis_Color.sav
	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	100
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data for all variables in the model.
Syntax		UNIANOVA delta_E60 BY drink composite /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /PRINT=DESCRIPTIVE /CRITERIA=ALPHA(.05) /DESIGN=drink composite drink*composite.
Resources	Processor Time	00 00:00:00.016
	Elapsed Time	00 00:00:00.015

[DataSet2] C:\Users\Ratcha\Dropbox\\_Thesis\Stat\Thesis\_Color.sav

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
drink	1	coffee	50
	2	red wine	50
composite	1	Estelite	20
		Sigma	
	2	Venus	20
	3	Premise	20

4	Z350XT	20
5	P90	20

### Descriptive Statistics

Dependent Variable:delta\_E60

drink	composite	Mean	Std. Deviation	N
coffee	Estelite Sigma	3.1490	.57154	10
	Venus	9.3280	.78743	10
	Premise	7.0290	.49985	10
	Z350XT	9.4740	1.25199	10
	P90	1.4480	.44307	10
	Total		6.0856	3.37093
red wine	Estelite Sigma	4.3710	.74705	10
	Venus	12.6860	2.64136	10
	Premise	10.7140	.80693	10
	Z350XT	29.1270	6.49990	10
	P90	5.0770	1.42028	10
	Total		12.3950	9.56199
Total	Estelite Sigma	3.7600	.90114	20
	Venus	11.0070	2.56240	20
	Premise	8.8715	2.00007	20
	Z350XT	19.3005	11.06333	20
	P90	3.2625	2.12466	20
	Total		9.2403	7.80582

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:delta\_E60

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5533.447 <sup>a</sup>	9	614.827	110.955	.000
Intercept	8538.314	1	8538.314	1540.873	.000
drink	995.213	1	995.213	179.602	.000
composite	3404.653	4	851.163	153.606	.000
drink * composite	1133.580	4	283.395	51.143	.000
Error	498.710	90	5.541		
Total	14570.471	100			

Corrected Total	6032.156	99			
-----------------	----------	----	--	--	--

a. R Squared = .917 (Adjusted R Squared = .909)

ONEWAY delta\_E60 BY group

/STATISTICS HOMOGENEITY BROWNFORSYTHE

/MISSING ANALYSIS

/POSTHOC=T2 ALPHA(0.05).

## Oneway

### Notes

Output Created		16-ส.ค.-2554, 21 นาฬิกา 58 นาที
Comments		
Input	Data	C:\Users\Ratcha\Dropbox\_Thesis\Stat \Thesis_Color.sav
	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	100
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY delta_E60 BY group /STATISTICS HOMOGENEITY BROWNFORSYTHE /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=T2 ALPHA(0.05).



Resources	Processor Time	00 00:00:00.016
	Elapsed Time	00 00:00:00.017

[DataSet2] C:\Users\Ratcha\Dropbox\\_Thesis\Stat\Thesis\_Color.sav

### Test of Homogeneity of Variances

delta\_E60

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
25.843	9	90	.000

### ANOVA

delta\_E60

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5533.447	9	614.827	110.955	.000
Within Groups	498.710	90	5.541		
Total	6032.156	99			

### Robust Tests of Equality of Means

delta\_E60

	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	110.955	9	15.007	.000

a. Asymptotically F distributed.

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

delta\_E60

Tamhane

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-6.17900 <sup>*</sup>	.30768	.000	-7.3888	-4.9692
	3	-3.88000 <sup>*</sup>	.24011	.000	-4.8106	-2.9494
	4	-6.32500 <sup>*</sup>	.43522	.000	-8.1470	-4.5030
	5	1.70100 <sup>*</sup>	.22868	.000	.8074	2.5946
	6	-1.22200 <sup>*</sup>	.29744	.033	-2.3856	-.0584
	7	-9.53700 <sup>*</sup>	.85460	.000	-13.4071	-5.6669
	8	-7.56500 <sup>*</sup>	.31270	.000	-8.7977	-6.3323
	9	-25.97800 <sup>*</sup>	2.06338	.000	-35.5913	-16.3647
	10	-1.92800	.48413	.081	-3.9908	.1348
2	1	6.17900 <sup>*</sup>	.30768	.000	4.9692	7.3888
	3	2.29900 <sup>*</sup>	.29494	.000	1.1209	3.4771
	4	-.14600	.46771	1.000	-2.0165	1.7245
	5	7.88000 <sup>*</sup>	.28572	.000	6.7196	9.0404
	6	4.95700 <sup>*</sup>	.34324	.000	3.6303	6.2837
	7	-3.35800	.87160	.122	-7.2049	.4889
	8	-1.38600 <sup>*</sup>	.35654	.047	-2.7635	-.0085
	9	-19.79900 <sup>*</sup>	2.07048	.000	-29.3934	-10.2046
	10	4.25100 <sup>*</sup>	.51354	.000	2.1610	6.3410
3	1	3.88000 <sup>*</sup>	.24011	.000	2.9494	4.8106
	2	-2.29900 <sup>*</sup>	.29494	.000	-3.4771	-1.1209
	4	-2.44500 <sup>*</sup>	.42630	.004	-4.2633	-.6267
	5	5.58100 <sup>*</sup>	.21123	.000	4.7629	6.3991
	6	2.65800 <sup>*</sup>	.28424	.000	1.5301	3.7859
	7	-5.65700 <sup>*</sup>	.85009	.003	-9.5357	-1.7783
	8	-3.68500 <sup>*</sup>	.30017	.000	-4.8879	-2.4821
	9	-22.09800 <sup>*</sup>	2.06152	.000	-31.7165	-12.4795
	10	1.95200	.47614	.074	-.1116	4.0156
4	1	6.32500 <sup>*</sup>	.43522	.000	4.5030	8.1470
	2	.14600	.46771	1.000	-1.7245	2.0165
	3	2.44500 <sup>*</sup>	.42630	.004	.6267	4.2633
	5	8.02600 <sup>*</sup>	.41997	.000	6.2070	9.8450
	6	5.10300 <sup>*</sup>	.46104	.000	3.2460	6.9600
	7	-3.21200	.92435	.172	-7.0608	.6368
	8	-1.24000	.47102	.569	-3.1178	.6378

	9	-19.65300 <sup>*</sup>	2.09323	.000	-29.1952	-10.1108
	10	4.39700 <sup>*</sup>	.59872	.000	2.0774	6.7166
5	1	-1.70100 <sup>*</sup>	.22868	.000	-2.5946	-.8074
	2	-7.88000 <sup>*</sup>	.28572	.000	-9.0404	-6.7196
	3	-5.58100 <sup>*</sup>	.21123	.000	-6.3991	-4.7629
	4	-8.02600 <sup>*</sup>	.41997	.000	-9.8450	-6.2070
	6	-2.92300 <sup>*</sup>	.27466	.000	-4.0302	-1.8158
	7	-11.23800 <sup>*</sup>	.84694	.000	-15.1235	-7.3525
	8	-9.26600 <sup>*</sup>	.29111	.000	-10.4524	-8.0796
	9	-27.67900 <sup>*</sup>	2.06022	.000	-37.3012	-18.0568
	10	-3.62900 <sup>*</sup>	.47048	.000	-5.6959	-1.5621
6	1	1.22200 <sup>*</sup>	.29744	.033	.0584	2.3856
	2	-4.95700 <sup>*</sup>	.34324	.000	-6.2837	-3.6303
	3	-2.65800 <sup>*</sup>	.28424	.000	-3.7859	-1.5301
	4	-5.10300 <sup>*</sup>	.46104	.000	-6.9600	-3.2460
	5	2.92300 <sup>*</sup>	.27466	.000	1.8158	4.0302
	7	-8.31500 <sup>*</sup>	.86803	.000	-12.1656	-4.4644
	8	-6.34300 <sup>*</sup>	.34774	.000	-7.6878	-4.9982
	9	-24.75600 <sup>*</sup>	2.06898	.000	-34.3542	-15.1578
	10	-.70600	.50747	1.000	-2.7871	1.3751
7	1	9.53700 <sup>*</sup>	.85460	.000	5.6669	13.4071
	2	3.35800	.87160	.122	-.4889	7.2049
	3	5.65700 <sup>*</sup>	.85009	.003	1.7783	9.5357
	4	3.21200	.92435	.172	-.6368	7.0608
	5	11.23800 <sup>*</sup>	.84694	.000	7.3525	15.1235
	6	8.31500 <sup>*</sup>	.86803	.000	4.4644	12.1656
	8	1.97200	.87338	.880	-1.8733	5.8173
	9	-16.44100 <sup>*</sup>	2.21868	.000	-25.8818	-7.0002
	10	7.60900 <sup>*</sup>	.94836	.000	3.7322	11.4858
8	1	7.56500 <sup>*</sup>	.31270	.000	6.3323	8.7977
	2	1.38600 <sup>*</sup>	.35654	.047	.0085	2.7635
	3	3.68500 <sup>*</sup>	.30017	.000	2.4821	4.8879
	4	1.24000	.47102	.569	-.6378	3.1178
	5	9.26600 <sup>*</sup>	.29111	.000	8.0796	10.4524
	6	6.34300 <sup>*</sup>	.34774	.000	4.9982	7.6878
	7	-1.97200	.87338	.880	-5.8173	1.8733
	9	-18.41300 <sup>*</sup>	2.07123	.000	-28.0054	-8.8206
	10	5.63700 <sup>*</sup>	.51656	.000	3.5420	7.7320
9	1	25.97800 <sup>*</sup>	2.06338	.000	16.3647	35.5913

	2	19.79900*	2.07048	.000	10.2046	29.3934
	3	22.09800*	2.06152	.000	12.4795	31.7165
	4	19.65300*	2.09323	.000	10.1108	29.1952
	5	27.67900*	2.06022	.000	18.0568	37.3012
	6	24.75600*	2.06898	.000	15.1578	34.3542
	7	16.44100*	2.21868	.000	7.0002	25.8818
	8	18.41300*	2.07123	.000	8.8206	28.0054
	10	24.05000*	2.10395	.000	14.5281	33.5719
10	1	1.92800	.48413	.081	-.1348	3.9908
	2	-4.25100*	.51354	.000	-6.3410	-2.1610
	3	-1.95200	.47614	.074	-4.0156	.1116
	4	-4.39700*	.59872	.000	-6.7166	-2.0774
	5	3.62900*	.47048	.000	1.5621	5.6959
	6	.70600	.50747	1.000	-1.3751	2.7871
	7	-7.60900*	.94836	.000	-11.4858	-3.7322
	8	-5.63700*	.51656	.000	-7.7320	-3.5420
	9	-24.05000*	2.10395	.000	-33.5719	-14.5281

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### ภาคผนวก ง

ค่าสถิติการทดสอบความคงที่ของสีของเรซินคอมโพสิตในแต่ละช่วงเวลา

## Estelite sigma quick in coffee

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:41:01

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P = 0.138)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.843)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
EC01	10	0	0.857	0.343	0.108
EC02	10	0	1.031	0.307	0.0971
EC03	10	0	1.111	0.534	0.169
EC04	10	0	1.060	0.353	0.111
EC05	10	0	1.358	0.388	0.123
EC06	10	0	1.499	0.463	0.146
EC12	10	0	1.858	0.396	0.125
EC18	10	0	2.015	0.467	0.148
EC24	10	0	2.204	0.534	0.169
EC30	10	0	2.594	0.383	0.121
EC36	10	0	2.500	0.480	0.152
EC42	10	0	2.751	0.521	0.165
EC48	10	0	2.878	0.571	0.180
EC54	10	0	2.901	0.497	0.157
EC60	10	0	3.149	0.572	0.181

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	17.586	1.954		
Between Treatments	14	87.106	6.222	70.135	<0.001
Residual	126	11.178	0.0887		
Total	149	115.869			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

## All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
EC60 vs. EC01	2.292	15	24.335	<0.001	Yes
EC60 vs. EC02	2.118	15	22.487	<0.001	Yes
EC60 vs. EC04	2.089	15	22.179	<0.001	Yes
EC60 vs. EC03	2.038	15	21.638	<0.001	Yes
EC60 vs. EC05	1.791	15	19.015	<0.001	Yes
EC60 vs. EC06	1.650	15	17.518	<0.001	Yes
EC60 vs. EC12	1.291	15	13.707	<0.001	Yes
EC60 vs. EC18	1.134	15	12.040	<0.001	Yes
EC60 vs. EC24	0.945	15	10.033	<0.001	Yes
EC60 vs. EC36	0.649	15	6.891	<0.001	Yes
EC60 vs. EC30	0.555	15	5.893	0.003	Yes
EC60 vs. EC42	0.398	15	4.226	0.158	No
EC60 vs. EC48	0.271	15	2.877	0.778	Do Not Test
EC60 vs. EC54	0.248	15	2.633	0.872	Do Not Test
EC54 vs. EC01	2.044	15	21.702	<0.001	Yes
EC54 vs. EC02	1.870	15	19.854	<0.001	Yes
EC54 vs. EC04	1.841	15	19.546	<0.001	Yes
EC54 vs. EC03	1.790	15	19.005	<0.001	Yes
EC54 vs. EC05	1.543	15	16.382	<0.001	Yes
EC54 vs. EC06	1.402	15	14.885	<0.001	Yes
EC54 vs. EC12	1.043	15	11.074	<0.001	Yes
EC54 vs. EC18	0.886	15	9.407	<0.001	Yes
EC54 vs. EC24	0.697	15	7.400	<0.001	Yes
EC54 vs. EC36	0.401	15	4.257	0.149	No
EC54 vs. EC30	0.307	15	3.259	0.587	Do Not Test
EC54 vs. EC42	0.150	15	1.593	0.999	Do Not Test
EC54 vs. EC48	0.0230	15	0.244	1.000	Do Not Test
EC48 vs. EC01	2.021	15	21.457	<0.001	Yes
EC48 vs. EC02	1.847	15	19.610	<0.001	Yes
EC48 vs. EC04	1.818	15	19.302	<0.001	Yes
EC48 vs. EC03	1.767	15	18.761	<0.001	Yes
EC48 vs. EC05	1.520	15	16.138	<0.001	Yes
EC48 vs. EC06	1.379	15	14.641	<0.001	Yes
EC48 vs. EC12	1.020	15	10.830	<0.001	Yes
EC48 vs. EC18	0.863	15	9.163	<0.001	Yes
EC48 vs. EC24	0.674	15	7.156	<0.001	Yes

EC48 vs. EC36	0.378	15	4.013	0.226	Do Not Test
EC48 vs. EC30	0.284	15	3.015	0.713	Do Not Test
EC48 vs. EC42	0.127	15	1.348	1.000	Do Not Test
EC42 vs. EC01	1.894	15	20.109	<0.001	Yes
EC42 vs. EC02	1.720	15	18.262	<0.001	Yes
EC42 vs. EC04	1.691	15	17.954	<0.001	Yes
EC42 vs. EC03	1.640	15	17.412	<0.001	Yes
EC42 vs. EC05	1.393	15	14.790	<0.001	Yes
EC42 vs. EC06	1.252	15	13.293	<0.001	Yes
EC42 vs. EC12	0.893	15	9.481	<0.001	Yes
EC42 vs. EC18	0.736	15	7.814	<0.001	Yes
EC42 vs. EC24	0.547	15	5.808	0.004	Yes
EC42 vs. EC36	0.251	15	2.665	0.861	Do Not Test
EC42 vs. EC30	0.157	15	1.667	0.998	Do Not Test
EC30 vs. EC01	1.737	15	18.442	<0.001	Yes
EC30 vs. EC02	1.563	15	16.595	<0.001	Yes
EC30 vs. EC04	1.534	15	16.287	<0.001	Yes
EC30 vs. EC03	1.483	15	15.745	<0.001	Yes
EC30 vs. EC05	1.236	15	13.123	<0.001	Yes
EC30 vs. EC06	1.095	15	11.626	<0.001	Yes
EC30 vs. EC12	0.736	15	7.814	<0.001	Yes
EC30 vs. EC18	0.579	15	6.147	0.001	Yes
EC30 vs. EC24	0.390	15	4.141	0.183	No
EC30 vs. EC36	0.0940	15	0.998	1.000	Do Not Test
EC36 vs. EC01	1.643	15	17.444	<0.001	Yes
EC36 vs. EC02	1.469	15	15.597	<0.001	Yes
EC36 vs. EC04	1.440	15	15.289	<0.001	Yes
EC36 vs. EC03	1.389	15	14.747	<0.001	Yes
EC36 vs. EC05	1.142	15	12.125	<0.001	Yes
EC36 vs. EC06	1.001	15	10.628	<0.001	Yes
EC36 vs. EC12	0.642	15	6.816	<0.001	Yes
EC36 vs. EC18	0.485	15	5.149	0.022	Yes
EC36 vs. EC24	0.296	15	3.143	0.649	Do Not Test
EC24 vs. EC01	1.347	15	14.301	<0.001	Yes
EC24 vs. EC02	1.173	15	12.454	<0.001	Yes
EC24 vs. EC04	1.144	15	12.146	<0.001	Yes
EC24 vs. EC03	1.093	15	11.605	<0.001	Yes
EC24 vs. EC05	0.846	15	8.982	<0.001	Yes
EC24 vs. EC06	0.705	15	7.485	<0.001	Yes
EC24 vs. EC12	0.346	15	3.674	0.371	No



EC24 vs. EC18	0.189	15	2.007	0.986	Do Not Test
EC18 vs. EC01	1.158	15	12.295	<0.001	Yes
EC18 vs. EC02	0.984	15	10.447	<0.001	Yes
EC18 vs. EC04	0.955	15	10.139	<0.001	Yes
EC18 vs. EC03	0.904	15	9.598	<0.001	Yes
EC18 vs. EC05	0.657	15	6.975	<0.001	Yes
EC18 vs. EC06	0.516	15	5.478	0.009	Yes
EC18 vs. EC12	0.157	15	1.667	0.998	Do Not Test
EC12 vs. EC01	1.001	15	10.628	<0.001	Yes
EC12 vs. EC02	0.827	15	8.780	<0.001	Yes
EC12 vs. EC04	0.798	15	8.473	<0.001	Yes
EC12 vs. EC03	0.747	15	7.931	<0.001	Yes
EC12 vs. EC05	0.500	15	5.309	0.014	Yes
EC12 vs. EC06	0.359	15	3.812	0.308	No
EC06 vs. EC01	0.642	15	6.816	<0.001	Yes
EC06 vs. EC02	0.468	15	4.969	0.034	Yes
EC06 vs. EC04	0.439	15	4.661	0.067	No
EC06 vs. EC03	0.388	15	4.119	0.190	Do Not Test
EC06 vs. EC05	0.141	15	1.497	0.999	Do Not Test
EC05 vs. EC01	0.501	15	5.319	0.014	Yes
EC05 vs. EC02	0.327	15	3.472	0.473	No
EC05 vs. EC04	0.298	15	3.164	0.638	Do Not Test
EC05 vs. EC03	0.247	15	2.622	0.876	Do Not Test
EC03 vs. EC01	0.254	15	2.697	0.850	No
EC03 vs. EC02	0.0800	15	0.849	1.000	Do Not Test
EC03 vs. EC04	0.0510	15	0.541	1.000	Do Not Test
EC04 vs. EC01	0.203	15	2.155	0.973	Do Not Test
EC04 vs. EC02	0.0290	15	0.308	1.000	Do Not Test
EC02 vs. EC01	0.174	15	1.847	0.994	Do Not Test

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

## Estelite sigma quick in red wine

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:54:55

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P > 0.200)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.914)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
EW01	10	0	1.749	0.386	0.122
EW02	10	0	1.960	0.451	0.143
EW03	10	0	2.498	0.544	0.172
EW04	10	0	2.823	0.491	0.155
EW05	10	0	3.200	0.366	0.116
EW06	10	0	3.168	0.470	0.149
EW12	10	0	3.126	0.589	0.186
EW18	10	0	3.540	0.658	0.208
EW24	10	0	3.277	0.515	0.163
EW30	10	0	3.676	0.565	0.179
EW36	10	0	3.186	0.695	0.220
EW42	10	0	3.344	0.800	0.253
EW48	10	0	3.630	0.783	0.248
EW54	10	0	3.831	0.729	0.230
EW60	10	0	4.371	0.747	0.236

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	31.491	3.499		
Between Treatments	14	65.821	4.701	34.015	<0.001
Residual	126	17.415	0.138		
Total	149	114.727			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
EW60 vs. EW01	2.622	15	22.302	<0.001	Yes
EW60 vs. EW02	2.411	15	20.508	<0.001	Yes
EW60 vs. EW03	1.873	15	15.931	<0.001	Yes
EW60 vs. EW04	1.548	15	13.167	<0.001	Yes
EW60 vs. EW12	1.245	15	10.590	<0.001	Yes
EW60 vs. EW06	1.203	15	10.233	<0.001	Yes
EW60 vs. EW36	1.185	15	10.079	<0.001	Yes
EW60 vs. EW05	1.171	15	9.960	<0.001	Yes
EW60 vs. EW24	1.094	15	9.305	<0.001	Yes
EW60 vs. EW42	1.027	15	8.736	<0.001	Yes
EW60 vs. EW18	0.831	15	7.068	<0.001	Yes
EW60 vs. EW48	0.741	15	6.303	<0.001	Yes
EW60 vs. EW30	0.695	15	5.912	0.003	Yes
EW60 vs. EW54	0.540	15	4.593	0.077	No
EW54 vs. EW01	2.082	15	17.709	<0.001	Yes
EW54 vs. EW02	1.871	15	15.914	<0.001	Yes
EW54 vs. EW03	1.333	15	11.338	<0.001	Yes
EW54 vs. EW04	1.008	15	8.574	<0.001	Yes
EW54 vs. EW12	0.705	15	5.997	0.002	Yes
EW54 vs. EW06	0.663	15	5.639	0.006	Yes
EW54 vs. EW36	0.645	15	5.486	0.009	Yes
EW54 vs. EW05	0.631	15	5.367	0.012	Yes
EW54 vs. EW24	0.554	15	4.712	0.060	No
EW54 vs. EW42	0.487	15	4.142	0.183	Do Not Test
EW54 vs. EW18	0.291	15	2.475	0.917	Do Not Test
EW54 vs. EW48	0.201	15	1.710	0.997	Do Not Test
EW54 vs. EW30	0.155	15	1.318	1.000	Do Not Test
EW30 vs. EW01	1.927	15	16.391	<0.001	Yes
EW30 vs. EW02	1.716	15	14.596	<0.001	Yes
EW30 vs. EW03	1.178	15	10.020	<0.001	Yes
EW30 vs. EW04	0.853	15	7.255	<0.001	Yes
EW30 vs. EW12	0.550	15	4.678	0.065	No
EW30 vs. EW06	0.508	15	4.321	0.133	Do Not Test
EW30 vs. EW36	0.490	15	4.168	0.175	Do Not Test
EW30 vs. EW05	0.476	15	4.049	0.214	Do Not Test
EW30 vs. EW24	0.399	15	3.394	0.515	Do Not Test
EW30 vs. EW42	0.332	15	2.824	0.801	Do Not Test

EW30 vs. EW18	0.136	15	1.157	1.000	Do Not Test
EW30 vs. EW48	0.0460	15	0.391	1.000	Do Not Test
EW48 vs. EW01	1.881	15	16.000	<0.001	Yes
EW48 vs. EW02	1.670	15	14.205	<0.001	Yes
EW48 vs. EW03	1.132	15	9.629	<0.001	Yes
EW48 vs. EW04	0.807	15	6.864	<0.001	Yes
EW48 vs. EW12	0.504	15	4.287	0.141	Do Not Test
EW48 vs. EW06	0.462	15	3.930	0.258	Do Not Test
EW48 vs. EW36	0.444	15	3.777	0.323	Do Not Test
EW48 vs. EW05	0.430	15	3.658	0.379	Do Not Test
EW48 vs. EW24	0.353	15	3.003	0.720	Do Not Test
EW48 vs. EW42	0.286	15	2.433	0.927	Do Not Test
EW48 vs. EW18	0.0900	15	0.766	1.000	Do Not Test
EW18 vs. EW01	1.791	15	15.234	<0.001	Yes
EW18 vs. EW02	1.580	15	13.439	<0.001	Yes
EW18 vs. EW03	1.042	15	8.863	<0.001	Yes
EW18 vs. EW04	0.717	15	6.099	0.002	Yes
EW18 vs. EW12	0.414	15	3.521	0.448	Do Not Test
EW18 vs. EW06	0.372	15	3.164	0.637	Do Not Test
EW18 vs. EW36	0.354	15	3.011	0.715	Do Not Test
EW18 vs. EW05	0.340	15	2.892	0.771	Do Not Test
EW18 vs. EW24	0.263	15	2.237	0.963	Do Not Test
EW18 vs. EW42	0.196	15	1.667	0.998	Do Not Test
EW42 vs. EW01	1.595	15	13.567	<0.001	Yes
EW42 vs. EW02	1.384	15	11.772	<0.001	Yes
EW42 vs. EW03	0.846	15	7.196	<0.001	Yes
EW42 vs. EW04	0.521	15	4.432	0.107	No
EW42 vs. EW12	0.218	15	1.854	0.993	Do Not Test
EW42 vs. EW06	0.176	15	1.497	0.999	Do Not Test
EW42 vs. EW36	0.158	15	1.344	1.000	Do Not Test
EW42 vs. EW05	0.144	15	1.225	1.000	Do Not Test
EW42 vs. EW24	0.0670	15	0.570	1.000	Do Not Test
EW24 vs. EW01	1.528	15	12.997	<0.001	Yes
EW24 vs. EW02	1.317	15	11.202	<0.001	Yes
EW24 vs. EW03	0.779	15	6.626	<0.001	Yes
EW24 vs. EW04	0.454	15	3.862	0.286	Do Not Test
EW24 vs. EW12	0.151	15	1.284	1.000	Do Not Test
EW24 vs. EW06	0.109	15	0.927	1.000	Do Not Test
EW24 vs. EW36	0.0910	15	0.774	1.000	Do Not Test
EW24 vs. EW05	0.0770	15	0.655	1.000	Do Not Test

EW05 vs. EW01	1.451	15	12.342	<0.001	Yes
EW05 vs. EW02	1.240	15	10.547	<0.001	Yes
EW05 vs. EW03	0.702	15	5.971	0.002	Yes
EW05 vs. EW04	0.377	15	3.207	0.615	Do Not Test
EW05 vs. EW12	0.0740	15	0.629	1.000	Do Not Test
EW05 vs. EW06	0.0320	15	0.272	1.000	Do Not Test
EW05 vs. EW36	0.0140	15	0.119	1.000	Do Not Test
EW36 vs. EW01	1.437	15	12.223	<0.001	Yes
EW36 vs. EW02	1.226	15	10.428	<0.001	Yes
EW36 vs. EW03	0.688	15	5.852	0.003	Yes
EW36 vs. EW04	0.363	15	3.088	0.677	Do Not Test
EW36 vs. EW12	0.0600	15	0.510	1.000	Do Not Test
EW36 vs. EW06	0.0180	15	0.153	1.000	Do Not Test
EW06 vs. EW01	1.419	15	12.070	<0.001	Yes
EW06 vs. EW02	1.208	15	10.275	<0.001	Yes
EW06 vs. EW03	0.670	15	5.699	0.005	Yes
EW06 vs. EW04	0.345	15	2.935	0.752	Do Not Test
EW06 vs. EW12	0.0420	15	0.357	1.000	Do Not Test
EW12 vs. EW01	1.377	15	11.713	<0.001	Yes
EW12 vs. EW02	1.166	15	9.918	<0.001	Yes
EW12 vs. EW03	0.628	15	5.342	0.013	Yes
EW12 vs. EW04	0.303	15	2.577	0.890	Do Not Test
EW04 vs. EW01	1.074	15	9.135	<0.001	Yes
EW04 vs. EW02	0.863	15	7.341	<0.001	Yes
EW04 vs. EW03	0.325	15	2.764	0.825	No
EW03 vs. EW01	0.749	15	6.371	<0.001	Yes
EW03 vs. EW02	0.538	15	4.576	0.080	No
EW02 vs. EW01	0.211	15	1.795	0.995	No

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

## Venus in coffee

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:52:02

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Failed (P = <0.001)

Test execution ended by user request, RM ANOVA on Ranks begun

### Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks

Thursday, August 04, 2011, 13:52:02

Data source: Data 1 in Notebook

Group	N	Missing	Median	25%	75%
VC01	10	0	2.375	2.280	2.660
VC02	10	0	2.710	2.530	2.870
VC03	10	0	3.125	2.860	3.230
VC04	10	0	3.695	3.380	3.810
VC05	10	0	3.820	3.650	3.980
VC06	10	0	4.055	3.720	4.250
VC12	10	0	5.370	5.210	5.540
VC18	10	0	6.290	6.020	6.640
VC24	10	0	6.770	6.370	7.150
VC30	10	0	7.140	6.860	7.410
VC36	10	0	7.495	7.170	7.800
VC42	10	0	8.005	7.720	8.360
VC48	10	0	8.470	8.050	8.660
VC54	10	0	8.775	8.720	9.000
VC60	10	0	9.260	8.670	9.530

Chi-square= 137.662 with 14 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparison	Diff of Ranks	q	P<0.05
VC60 vs VC01	134.000	9.475	Yes
VC60 vs VC02	128.000	9.051	Yes
VC60 vs VC03	119.000	8.415	Yes
VC60 vs VC04	105.000	7.425	Yes
VC60 vs VC05	97.000	6.859	Yes
VC60 vs VC06	89.000	6.293	Yes
VC60 vs VC12	77.000	5.445	Yes
VC60 vs VC18	65.000	4.596	No
VC60 vs VC24	55.500	3.924	Do Not Test
VC60 vs VC30	50.000	3.536	Do Not Test
VC60 vs VC36	37.500	2.652	Do Not Test
VC60 vs VC42	23.000	1.626	Do Not Test
VC60 vs VC48	16.000	1.131	Do Not Test
VC60 vs VC54	9.000	0.636	Do Not Test
VC54 vs VC01	125.000	8.839	Yes
VC54 vs VC02	119.000	8.415	Yes
VC54 vs VC03	110.000	7.778	Yes
VC54 vs VC04	96.000	6.788	Yes
VC54 vs VC05	88.000	6.223	Yes
VC54 vs VC06	80.000	5.657	Yes
VC54 vs VC12	68.000	4.808	Yes
VC54 vs VC18	56.000	3.960	Do Not Test
VC54 vs VC24	46.500	3.288	Do Not Test
VC54 vs VC30	41.000	2.899	Do Not Test
VC54 vs VC36	28.500	2.015	Do Not Test
VC54 vs VC42	14.000	0.990	Do Not Test
VC54 vs VC48	7.000	0.495	Do Not Test
VC48 vs VC01	118.000	8.344	Yes
VC48 vs VC02	112.000	7.920	Yes
VC48 vs VC03	103.000	7.283	Yes
VC48 vs VC04	89.000	6.293	Yes
VC48 vs VC05	81.000	5.728	Yes
VC48 vs VC06	73.000	5.162	Yes
VC48 vs VC12	61.000	4.313	No
VC48 vs VC18	49.000	3.465	Do Not Test
VC48 vs VC24	39.500	2.793	Do Not Test
VC48 vs VC30	34.000	2.404	Do Not Test

VC48 vs VC36	21.500	1.520	Do Not Test
VC48 vs VC42	7.000	0.495	Do Not Test
VC42 vs VC01	111.000	7.849	Yes
VC42 vs VC02	105.000	7.425	Yes
VC42 vs VC03	96.000	6.788	Yes
VC42 vs VC04	82.000	5.798	Yes
VC42 vs VC05	74.000	5.233	Yes
VC42 vs VC06	66.000	4.667	No
VC42 vs VC12	54.000	3.818	Do Not Test
VC42 vs VC18	42.000	2.970	Do Not Test
VC42 vs VC24	32.500	2.298	Do Not Test
VC42 vs VC30	27.000	1.909	Do Not Test
VC42 vs VC36	14.500	1.025	Do Not Test
VC36 vs VC01	96.500	6.824	Yes
VC36 vs VC02	90.500	6.399	Yes
VC36 vs VC03	81.500	5.763	Yes
VC36 vs VC04	67.500	4.773	No
VC36 vs VC05	59.500	4.207	Do Not Test
VC36 vs VC06	51.500	3.642	Do Not Test
VC36 vs VC12	39.500	2.793	Do Not Test
VC36 vs VC18	27.500	1.945	Do Not Test
VC36 vs VC24	18.000	1.273	Do Not Test
VC36 vs VC30	12.500	0.884	Do Not Test
VC30 vs VC01	84.000	5.940	Yes
VC30 vs VC02	78.000	5.515	Yes
VC30 vs VC03	69.000	4.879	Yes
VC30 vs VC04	55.000	3.889	Do Not Test
VC30 vs VC05	47.000	3.323	Do Not Test
VC30 vs VC06	39.000	2.758	Do Not Test
VC30 vs VC12	27.000	1.909	Do Not Test
VC30 vs VC18	15.000	1.061	Do Not Test
VC30 vs VC24	5.500	0.389	Do Not Test
VC24 vs VC01	78.500	5.551	Yes
VC24 vs VC02	72.500	5.127	Yes
VC24 vs VC03	63.500	4.490	No
VC24 vs VC04	49.500	3.500	Do Not Test
VC24 vs VC05	41.500	2.934	Do Not Test
VC24 vs VC06	33.500	2.369	Do Not Test
VC24 vs VC12	21.500	1.520	Do Not Test
VC24 vs VC18	9.500	0.672	Do Not Test



VC18 vs VC01	69.000	4.879	Yes
VC18 vs VC02	63.000	4.455	No
VC18 vs VC03	54.000	3.818	Do Not Test
VC18 vs VC04	40.000	2.828	Do Not Test
VC18 vs VC05	32.000	2.263	Do Not Test
VC18 vs VC06	24.000	1.697	Do Not Test
VC18 vs VC12	12.000	0.849	Do Not Test
VC12 vs VC01	57.000	4.031	No
VC12 vs VC02	51.000	3.606	Do Not Test
VC12 vs VC03	42.000	2.970	Do Not Test
VC12 vs VC04	28.000	1.980	Do Not Test
VC12 vs VC05	20.000	1.414	Do Not Test
VC12 vs VC06	12.000	0.849	Do Not Test
VC06 vs VC01	45.000	3.182	Do Not Test
VC06 vs VC02	39.000	2.758	Do Not Test
VC06 vs VC03	30.000	2.121	Do Not Test
VC06 vs VC04	16.000	1.131	Do Not Test
VC06 vs VC05	8.000	0.566	Do Not Test
VC05 vs VC01	37.000	2.616	Do Not Test
VC05 vs VC02	31.000	2.192	Do Not Test
VC05 vs VC03	22.000	1.556	Do Not Test
VC05 vs VC04	8.000	0.566	Do Not Test
VC04 vs VC01	29.000	2.051	Do Not Test
VC04 vs VC02	23.000	1.626	Do Not Test
VC04 vs VC03	14.000	0.990	Do Not Test
VC03 vs VC01	15.000	1.061	Do Not Test
VC03 vs VC02	9.000	0.636	Do Not Test
VC02 vs VC01	6.000	0.424	Do Not Test

Note: The multiple comparisons on ranks do not include an adjustment for ties.

## Venus in red wine

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:55:48

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P = 0.053)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.273)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
VW01	10	0	1.957	0.557	0.176
VW02	10	0	2.892	0.818	0.259
VW03	10	0	3.138	0.899	0.284
VW04	10	0	4.716	1.221	0.386
VW05	10	0	5.026	1.412	0.447
VW06	10	0	5.251	1.362	0.431
VW12	10	0	6.589	1.411	0.446
VW18	10	0	8.528	1.647	0.521
VW24	10	0	9.441	1.873	0.592
VW30	10	0	11.738	2.218	0.701
VW36	10	0	12.227	2.334	0.738
VW42	10	0	13.143	2.224	0.703
VW48	10	0	13.016	2.023	0.640
VW54	10	0	12.713	1.913	0.605
VW60	10	0	12.686	2.641	0.835

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	334.300	37.144		
Between Treatments	14	2447.783	174.842	297.299	<0.001
Residual	126	74.101	0.588		
Total	149	2856.183			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
VW42 vs. VW01	11.186	15	46.126	<0.001	Yes
VW42 vs. VW02	10.251	15	42.271	<0.001	Yes
VW42 vs. VW03	10.005	15	41.256	<0.001	Yes
VW42 vs. VW04	8.427	15	34.749	<0.001	Yes
VW42 vs. VW05	8.117	15	33.471	<0.001	Yes
VW42 vs. VW06	7.892	15	32.543	<0.001	Yes
VW42 vs. VW12	6.554	15	27.026	<0.001	Yes
VW42 vs. VW18	4.615	15	19.030	<0.001	Yes
VW42 vs. VW24	3.702	15	15.265	<0.001	Yes
VW42 vs. VW30	1.405	15	5.794	0.004	Yes
VW42 vs. VW36	0.916	15	3.777	0.323	No
VW42 vs. VW60	0.457	15	1.884	0.992	Do Not Test
VW42 vs. VW54	0.430	15	1.773	0.996	Do Not Test
VW42 vs. VW48	0.127	15	0.524	1.000	Do Not Test
VW48 vs. VW01	11.059	15	45.603	<0.001	Yes
VW48 vs. VW02	10.124	15	41.747	<0.001	Yes
VW48 vs. VW03	9.878	15	40.733	<0.001	Yes
VW48 vs. VW04	8.300	15	34.226	<0.001	Yes
VW48 vs. VW05	7.990	15	32.947	<0.001	Yes
VW48 vs. VW06	7.765	15	32.020	<0.001	Yes
VW48 vs. VW12	6.427	15	26.502	<0.001	Yes
VW48 vs. VW18	4.488	15	18.507	<0.001	Yes
VW48 vs. VW24	3.575	15	14.742	<0.001	Yes
VW48 vs. VW30	1.278	15	5.270	0.016	Yes
VW48 vs. VW36	0.789	15	3.254	0.590	Do Not Test
VW48 vs. VW60	0.330	15	1.361	1.000	Do Not Test
VW48 vs. VW54	0.303	15	1.249	1.000	Do Not Test
VW54 vs. VW01	10.756	15	44.353	<0.001	Yes
VW54 vs. VW02	9.821	15	40.498	<0.001	Yes
VW54 vs. VW03	9.575	15	39.483	<0.001	Yes
VW54 vs. VW04	7.997	15	32.976	<0.001	Yes
VW54 vs. VW05	7.687	15	31.698	<0.001	Yes
VW54 vs. VW06	7.462	15	30.770	<0.001	Yes
VW54 vs. VW12	6.124	15	25.253	<0.001	Yes
VW54 vs. VW18	4.185	15	17.257	<0.001	Yes
VW54 vs. VW24	3.272	15	13.492	<0.001	Yes
VW54 vs. VW30	0.975	15	4.020	0.224	No

VW54 vs. VW36	0.486	15	2.004	0.986	Do Not Test
VW54 vs. VW60	0.0270	15	0.111	1.000	Do Not Test
VW60 vs. VW01	10.729	15	44.242	<0.001	Yes
VW60 vs. VW02	9.794	15	40.386	<0.001	Yes
VW60 vs. VW03	9.548	15	39.372	<0.001	Yes
VW60 vs. VW04	7.970	15	32.865	<0.001	Yes
VW60 vs. VW05	7.660	15	31.587	<0.001	Yes
VW60 vs. VW06	7.435	15	30.659	<0.001	Yes
VW60 vs. VW12	6.097	15	25.141	<0.001	Yes
VW60 vs. VW18	4.158	15	17.146	<0.001	Yes
VW60 vs. VW24	3.245	15	13.381	<0.001	Yes
VW60 vs. VW30	0.948	15	3.909	0.266	Do Not Test
VW60 vs. VW36	0.459	15	1.893	0.992	Do Not Test
VW36 vs. VW01	10.270	15	42.349	<0.001	Yes
VW36 vs. VW02	9.335	15	38.494	<0.001	Yes
VW36 vs. VW03	9.089	15	37.479	<0.001	Yes
VW36 vs. VW04	7.511	15	30.972	<0.001	Yes
VW36 vs. VW05	7.201	15	29.694	<0.001	Yes
VW36 vs. VW06	6.976	15	28.766	<0.001	Yes
VW36 vs. VW12	5.638	15	23.249	<0.001	Yes
VW36 vs. VW18	3.699	15	15.253	<0.001	Yes
VW36 vs. VW24	2.786	15	11.488	<0.001	Yes
VW36 vs. VW30	0.489	15	2.016	0.985	Do Not Test
VW30 vs. VW01	9.781	15	40.333	<0.001	Yes
VW30 vs. VW02	8.846	15	36.477	<0.001	Yes
VW30 vs. VW03	8.600	15	35.463	<0.001	Yes
VW30 vs. VW04	7.022	15	28.956	<0.001	Yes
VW30 vs. VW05	6.712	15	27.677	<0.001	Yes
VW30 vs. VW06	6.487	15	26.750	<0.001	Yes
VW30 vs. VW12	5.149	15	21.232	<0.001	Yes
VW30 vs. VW18	3.210	15	13.237	<0.001	Yes
VW30 vs. VW24	2.297	15	9.472	<0.001	Yes
VW24 vs. VW01	7.484	15	30.861	<0.001	Yes
VW24 vs. VW02	6.549	15	27.005	<0.001	Yes
VW24 vs. VW03	6.303	15	25.991	<0.001	Yes
VW24 vs. VW04	4.725	15	19.484	<0.001	Yes
VW24 vs. VW05	4.415	15	18.206	<0.001	Yes
VW24 vs. VW06	4.190	15	17.278	<0.001	Yes
VW24 vs. VW12	2.852	15	11.760	<0.001	Yes
VW24 vs. VW18	0.913	15	3.765	0.328	No

VW18 vs. VW01	6.571	15	27.096	<0.001	Yes
VW18 vs. VW02	5.636	15	23.240	<0.001	Yes
VW18 vs. VW03	5.390	15	22.226	<0.001	Yes
VW18 vs. VW04	3.812	15	15.719	<0.001	Yes
VW18 vs. VW05	3.502	15	14.441	<0.001	Yes
VW18 vs. VW06	3.277	15	13.513	<0.001	Yes
VW18 vs. VW12	1.939	15	7.996	<0.001	Yes
VW12 vs. VW01	4.632	15	19.100	<0.001	Yes
VW12 vs. VW02	3.697	15	15.245	<0.001	Yes
VW12 vs. VW03	3.451	15	14.230	<0.001	Yes
VW12 vs. VW04	1.873	15	7.723	<0.001	Yes
VW12 vs. VW05	1.563	15	6.445	<0.001	Yes
VW12 vs. VW06	1.338	15	5.517	0.008	Yes
VW06 vs. VW01	3.294	15	13.583	<0.001	Yes
VW06 vs. VW02	2.359	15	9.728	<0.001	Yes
VW06 vs. VW03	2.113	15	8.713	<0.001	Yes
VW06 vs. VW04	0.535	15	2.206	0.967	No
VW06 vs. VW05	0.225	15	0.928	1.000	Do Not Test
VW05 vs. VW01	3.069	15	12.655	<0.001	Yes
VW05 vs. VW02	2.134	15	8.800	<0.001	Yes
VW05 vs. VW03	1.888	15	7.785	<0.001	Yes
VW05 vs. VW04	0.310	15	1.278	1.000	Do Not Test
VW04 vs. VW01	2.759	15	11.377	<0.001	Yes
VW04 vs. VW02	1.824	15	7.521	<0.001	Yes
VW04 vs. VW03	1.578	15	6.507	<0.001	Yes
VW03 vs. VW01	1.181	15	4.870	0.042	Yes
VW03 vs. VW02	0.246	15	1.014	1.000	No
VW02 vs. VW01	0.935	15	3.856	0.289	No

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

## Premise in coffee

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:52:46

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P = 0.148)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.027)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
PC01	10	0	1.346	0.178	0.0562
PC02	10	0	1.504	0.213	0.0674
PC03	10	0	1.812	0.146	0.0461
PC04	10	0	2.346	0.278	0.0878
PC05	10	0	2.696	0.236	0.0746
PC06	10	0	2.654	0.308	0.0974
PC12	10	0	3.765	0.296	0.0936
PC18	10	0	4.507	0.446	0.141
PC24	10	0	4.997	0.475	0.150
PC30	10	0	5.271	0.462	0.146
PC36	10	0	5.317	0.383	0.121
PC42	10	0	5.990	0.432	0.137
PC48	10	0	6.338	0.498	0.158
PC54	10	0	6.639	0.470	0.149
PC60	10	0	7.029	0.500	0.158

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	13.046	1.450		
Between Treatments	14	542.047	38.718	828.874	<0.001
Residual	126	5.886	0.0467		
Total	149	560.979			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
PC60 vs. PC01	5.683	15	83.151	<0.001	Yes
PC60 vs. PC02	5.525	15	80.839	<0.001	Yes
PC60 vs. PC03	5.217	15	76.333	<0.001	Yes
PC60 vs. PC04	4.683	15	68.519	<0.001	Yes
PC60 vs. PC06	4.375	15	64.013	<0.001	Yes
PC60 vs. PC05	4.333	15	63.398	<0.001	Yes
PC60 vs. PC12	3.264	15	47.757	<0.001	Yes
PC60 vs. PC18	2.522	15	36.901	<0.001	Yes
PC60 vs. PC24	2.032	15	29.731	<0.001	Yes
PC60 vs. PC30	1.758	15	25.722	<0.001	Yes
PC60 vs. PC36	1.712	15	25.049	<0.001	Yes
PC60 vs. PC42	1.039	15	15.202	<0.001	Yes
PC60 vs. PC48	0.691	15	10.110	<0.001	Yes
PC60 vs. PC54	0.390	15	5.706	0.005	Yes
PC54 vs. PC01	5.293	15	77.445	<0.001	Yes
PC54 vs. PC02	5.135	15	75.133	<0.001	Yes
PC54 vs. PC03	4.827	15	70.626	<0.001	Yes
PC54 vs. PC04	4.293	15	62.813	<0.001	Yes
PC54 vs. PC06	3.985	15	58.307	<0.001	Yes
PC54 vs. PC05	3.943	15	57.692	<0.001	Yes
PC54 vs. PC12	2.874	15	42.051	<0.001	Yes
PC54 vs. PC18	2.132	15	31.194	<0.001	Yes
PC54 vs. PC24	1.642	15	24.025	<0.001	Yes
PC54 vs. PC30	1.368	15	20.016	<0.001	Yes
PC54 vs. PC36	1.322	15	19.343	<0.001	Yes
PC54 vs. PC42	0.649	15	9.496	<0.001	Yes
PC54 vs. PC48	0.301	15	4.404	0.113	No
PC48 vs. PC01	4.992	15	73.041	<0.001	Yes
PC48 vs. PC02	4.834	15	70.729	<0.001	Yes
PC48 vs. PC03	4.526	15	66.222	<0.001	Yes
PC48 vs. PC04	3.992	15	58.409	<0.001	Yes
PC48 vs. PC06	3.684	15	53.903	<0.001	Yes
PC48 vs. PC05	3.642	15	53.288	<0.001	Yes
PC48 vs. PC12	2.573	15	37.647	<0.001	Yes
PC48 vs. PC18	1.831	15	26.790	<0.001	Yes
PC48 vs. PC24	1.341	15	19.621	<0.001	Yes
PC48 vs. PC30	1.067	15	15.612	<0.001	Yes

PC48 vs. PC36	1.021	15	14.939	<0.001	Yes
PC48 vs. PC42	0.348	15	5.092	0.025	Yes
PC42 vs. PC01	4.644	15	67.949	<0.001	Yes
PC42 vs. PC02	4.486	15	65.637	<0.001	Yes
PC42 vs. PC03	4.178	15	61.130	<0.001	Yes
PC42 vs. PC04	3.644	15	53.317	<0.001	Yes
PC42 vs. PC06	3.336	15	48.811	<0.001	Yes
PC42 vs. PC05	3.294	15	48.196	<0.001	Yes
PC42 vs. PC12	2.225	15	32.555	<0.001	Yes
PC42 vs. PC18	1.483	15	21.699	<0.001	Yes
PC42 vs. PC24	0.993	15	14.529	<0.001	Yes
PC42 vs. PC30	0.719	15	10.520	<0.001	Yes
PC42 vs. PC36	0.673	15	9.847	<0.001	Yes
PC36 vs. PC01	3.971	15	58.102	<0.001	Yes
PC36 vs. PC02	3.813	15	55.790	<0.001	Yes
PC36 vs. PC03	3.505	15	51.283	<0.001	Yes
PC36 vs. PC04	2.971	15	43.470	<0.001	Yes
PC36 vs. PC06	2.663	15	38.964	<0.001	Yes
PC36 vs. PC05	2.621	15	38.349	<0.001	Yes
PC36 vs. PC12	1.552	15	22.708	<0.001	Yes
PC36 vs. PC18	0.810	15	11.852	<0.001	Yes
PC36 vs. PC24	0.320	15	4.682	0.064	No
PC36 vs. PC30	0.0460	15	0.673	1.000	Do Not Test
PC30 vs. PC01	3.925	15	57.429	<0.001	Yes
PC30 vs. PC02	3.767	15	55.117	<0.001	Yes
PC30 vs. PC03	3.459	15	50.610	<0.001	Yes
PC30 vs. PC04	2.925	15	42.797	<0.001	Yes
PC30 vs. PC06	2.617	15	38.291	<0.001	Yes
PC30 vs. PC05	2.575	15	37.676	<0.001	Yes
PC30 vs. PC12	1.506	15	22.035	<0.001	Yes
PC30 vs. PC18	0.764	15	11.178	<0.001	Yes
PC30 vs. PC24	0.274	15	4.009	0.228	Do Not Test
PC24 vs. PC01	3.651	15	53.420	<0.001	Yes
PC24 vs. PC02	3.493	15	51.108	<0.001	Yes
PC24 vs. PC03	3.185	15	46.601	<0.001	Yes
PC24 vs. PC04	2.651	15	38.788	<0.001	Yes
PC24 vs. PC06	2.343	15	34.282	<0.001	Yes
PC24 vs. PC05	2.301	15	33.667	<0.001	Yes
PC24 vs. PC12	1.232	15	18.026	<0.001	Yes
PC24 vs. PC18	0.490	15	7.169	<0.001	Yes



PC18 vs. PC01	3.161	15	46.250	<0.001	Yes
PC18 vs. PC02	3.003	15	43.938	<0.001	Yes
PC18 vs. PC03	2.695	15	39.432	<0.001	Yes
PC18 vs. PC04	2.161	15	31.619	<0.001	Yes
PC18 vs. PC06	1.853	15	27.112	<0.001	Yes
PC18 vs. PC05	1.811	15	26.498	<0.001	Yes
PC18 vs. PC12	0.742	15	10.857	<0.001	Yes
PC12 vs. PC01	2.419	15	35.394	<0.001	Yes
PC12 vs. PC02	2.261	15	33.082	<0.001	Yes
PC12 vs. PC03	1.953	15	28.575	<0.001	Yes
PC12 vs. PC04	1.419	15	20.762	<0.001	Yes
PC12 vs. PC06	1.111	15	16.256	<0.001	Yes
PC12 vs. PC05	1.069	15	15.641	<0.001	Yes
PC05 vs. PC01	1.350	15	19.753	<0.001	Yes
PC05 vs. PC02	1.192	15	17.441	<0.001	Yes
PC05 vs. PC03	0.884	15	12.934	<0.001	Yes
PC05 vs. PC04	0.350	15	5.121	0.023	Yes
PC05 vs. PC06	0.0420	15	0.615	1.000	No
PC06 vs. PC01	1.308	15	19.138	<0.001	Yes
PC06 vs. PC02	1.150	15	16.826	<0.001	Yes
PC06 vs. PC03	0.842	15	12.320	<0.001	Yes
PC06 vs. PC04	0.308	15	4.507	0.093	No
PC04 vs. PC01	1.000	15	14.632	<0.001	Yes
PC04 vs. PC02	0.842	15	12.320	<0.001	Yes
PC04 vs. PC03	0.534	15	7.813	<0.001	Yes
PC03 vs. PC01	0.466	15	6.818	<0.001	Yes
PC03 vs. PC02	0.308	15	4.507	0.093	No
PC02 vs. PC01	0.158	15	2.312	0.951	No

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

## Premise in red wine

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:56:26

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Failed (P = 0.003)

Test execution ended by user request, RM ANOVA on Ranks begun

### Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks

Thursday, August 04, 2011, 13:56:26

Data source: Data 1 in Notebook

Group	N	Missing	Median	25%	75%
PW01	10	0	1.915	1.780	2.250
PW02	10	0	2.640	2.430	2.830
PW03	10	0	3.295	3.160	3.400
PW04	10	0	4.040	3.860	4.580
PW05	10	0	4.760	4.720	4.990
PW06	10	0	4.975	4.490	5.320
PW12	10	0	6.225	5.820	6.520
PW18	10	0	7.245	6.910	7.690
PW24	10	0	8.355	7.940	8.600
PW30	10	0	8.615	8.320	8.970
PW36	10	0	8.975	8.590	9.350
PW42	10	0	9.395	9.110	9.980
PW48	10	0	9.765	9.400	10.220
PW54	10	0	10.405	10.160	10.640
PW60	10	0	10.585	10.390	10.820

Chi-square= 139.490 with 14 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001)

To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparison	Diff of Ranks	q	P<0.05
PW60 vs PW01	140.000	9.899	Yes
PW60 vs PW02	129.000	9.122	Yes
PW60 vs PW03	121.000	8.556	Yes
PW60 vs PW04	110.000	7.778	Yes
PW60 vs PW05	96.000	6.788	Yes
PW60 vs PW06	94.000	6.647	Yes
PW60 vs PW12	80.000	5.657	Yes
PW60 vs PW18	70.000	4.950	Yes
PW60 vs PW24	59.000	4.172	No
PW60 vs PW30	51.000	3.606	Do Not Test
PW60 vs PW36	40.000	2.828	Do Not Test
PW60 vs PW42	29.000	2.051	Do Not Test
PW60 vs PW48	21.000	1.485	Do Not Test
PW60 vs PW54	10.000	0.707	Do Not Test
PW54 vs PW01	130.000	9.192	Yes
PW54 vs PW02	119.000	8.415	Yes
PW54 vs PW03	111.000	7.849	Yes
PW54 vs PW04	100.000	7.071	Yes
PW54 vs PW05	86.000	6.081	Yes
PW54 vs PW06	84.000	5.940	Yes
PW54 vs PW12	70.000	4.950	Yes
PW54 vs PW18	60.000	4.243	No
PW54 vs PW24	49.000	3.465	Do Not Test
PW54 vs PW30	41.000	2.899	Do Not Test
PW54 vs PW36	30.000	2.121	Do Not Test
PW54 vs PW42	19.000	1.344	Do Not Test
PW54 vs PW48	11.000	0.778	Do Not Test
PW48 vs PW01	119.000	8.415	Yes
PW48 vs PW02	108.000	7.637	Yes
PW48 vs PW03	100.000	7.071	Yes
PW48 vs PW04	89.000	6.293	Yes
PW48 vs PW05	75.000	5.303	Yes
PW48 vs PW06	73.000	5.162	Yes
PW48 vs PW12	59.000	4.172	No
PW48 vs PW18	49.000	3.465	Do Not Test
PW48 vs PW24	38.000	2.687	Do Not Test
PW48 vs PW30	30.000	2.121	Do Not Test

PW48 vs PW36	19.000	1.344	Do Not Test
PW48 vs PW42	8.000	0.566	Do Not Test
PW42 vs PW01	111.000	7.849	Yes
PW42 vs PW02	100.000	7.071	Yes
PW42 vs PW03	92.000	6.505	Yes
PW42 vs PW04	81.000	5.728	Yes
PW42 vs PW05	67.000	4.738	No
PW42 vs PW06	65.000	4.596	Do Not Test
PW42 vs PW12	51.000	3.606	Do Not Test
PW42 vs PW18	41.000	2.899	Do Not Test
PW42 vs PW24	30.000	2.121	Do Not Test
PW42 vs PW30	22.000	1.556	Do Not Test
PW42 vs PW36	11.000	0.778	Do Not Test
PW36 vs PW01	100.000	7.071	Yes
PW36 vs PW02	89.000	6.293	Yes
PW36 vs PW03	81.000	5.728	Yes
PW36 vs PW04	70.000	4.950	Yes
PW36 vs PW05	56.000	3.960	Do Not Test
PW36 vs PW06	54.000	3.818	Do Not Test
PW36 vs PW12	40.000	2.828	Do Not Test
PW36 vs PW18	30.000	2.121	Do Not Test
PW36 vs PW24	19.000	1.344	Do Not Test
PW36 vs PW30	11.000	0.778	Do Not Test
PW30 vs PW01	89.000	6.293	Yes
PW30 vs PW02	78.000	5.515	Yes
PW30 vs PW03	70.000	4.950	Yes
PW30 vs PW04	59.000	4.172	No
PW30 vs PW05	45.000	3.182	Do Not Test
PW30 vs PW06	43.000	3.041	Do Not Test
PW30 vs PW12	29.000	2.051	Do Not Test
PW30 vs PW18	19.000	1.344	Do Not Test
PW30 vs PW24	8.000	0.566	Do Not Test
PW24 vs PW01	81.000	5.728	Yes
PW24 vs PW02	70.000	4.950	Yes
PW24 vs PW03	62.000	4.384	No
PW24 vs PW04	51.000	3.606	Do Not Test
PW24 vs PW05	37.000	2.616	Do Not Test
PW24 vs PW06	35.000	2.475	Do Not Test
PW24 vs PW12	21.000	1.485	Do Not Test
PW24 vs PW18	11.000	0.778	Do Not Test

PW18 vs PW01	70.000	4.950	Yes
PW18 vs PW02	59.000	4.172	No
PW18 vs PW03	51.000	3.606	Do Not Test
PW18 vs PW04	40.000	2.828	Do Not Test
PW18 vs PW05	26.000	1.838	Do Not Test
PW18 vs PW06	24.000	1.697	Do Not Test
PW18 vs PW12	10.000	0.707	Do Not Test
PW12 vs PW01	60.000	4.243	No
PW12 vs PW02	49.000	3.465	Do Not Test
PW12 vs PW03	41.000	2.899	Do Not Test
PW12 vs PW04	30.000	2.121	Do Not Test
PW12 vs PW05	16.000	1.131	Do Not Test
PW12 vs PW06	14.000	0.990	Do Not Test
PW06 vs PW01	46.000	3.253	Do Not Test
PW06 vs PW02	35.000	2.475	Do Not Test
PW06 vs PW03	27.000	1.909	Do Not Test
PW06 vs PW04	16.000	1.131	Do Not Test
PW06 vs PW05	2.000	0.141	Do Not Test
PW05 vs PW01	44.000	3.111	Do Not Test
PW05 vs PW02	33.000	2.333	Do Not Test
PW05 vs PW03	25.000	1.768	Do Not Test
PW05 vs PW04	14.000	0.990	Do Not Test
PW04 vs PW01	30.000	2.121	Do Not Test
PW04 vs PW02	19.000	1.344	Do Not Test
PW04 vs PW03	11.000	0.778	Do Not Test
PW03 vs PW01	19.000	1.344	Do Not Test
PW03 vs PW02	8.000	0.566	Do Not Test
PW02 vs PW01	11.000	0.778	Do Not Test

Note: The multiple comparisons on ranks do not include an adjustment for ties.

## Filtek Z350 XT in coffee

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:53:35

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P > 0.200)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.037)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
ZC01	10	0	1.954	0.600	0.190
ZC02	10	0	2.431	0.695	0.220
ZC03	10	0	2.888	0.728	0.230
ZC04	10	0	3.172	0.769	0.243
ZC05	10	0	3.567	0.754	0.238
ZC06	10	0	3.814	0.784	0.248
ZC12	10	0	5.167	0.929	0.294
ZC18	10	0	6.221	0.854	0.270
ZC24	10	0	7.070	1.004	0.317
ZC30	10	0	7.893	0.937	0.296
ZC36	10	0	8.274	1.033	0.327
ZC42	10	0	8.599	1.006	0.318
ZC48	10	0	8.879	1.107	0.350
ZC54	10	0	9.071	1.154	0.365
ZC60	10	0	9.474	1.252	0.396

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	99.416	11.046		
Between Treatments	14	1045.182	74.656	586.732	<0.001
Residual	126	16.032	0.127		
Total	149	1160.630			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
ZC60 vs. ZC01	7.520	15	66.666	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC02	7.043	15	62.438	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC03	6.586	15	58.386	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC04	6.302	15	55.868	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC05	5.907	15	52.367	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC06	5.660	15	50.177	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC12	4.307	15	38.182	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC18	3.253	15	28.838	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC24	2.404	15	21.312	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC30	1.581	15	14.016	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC36	1.200	15	10.638	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC42	0.875	15	7.757	<0.001	Yes
ZC60 vs. ZC48	0.595	15	5.275	0.016	Yes
ZC60 vs. ZC54	0.403	15	3.573	0.421	No
ZC54 vs. ZC01	7.117	15	63.094	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC02	6.640	15	58.865	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC03	6.183	15	54.813	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC04	5.899	15	52.296	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC05	5.504	15	48.794	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC06	5.257	15	46.604	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC12	3.904	15	34.610	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC18	2.850	15	25.266	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC24	2.001	15	17.739	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC30	1.178	15	10.443	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC36	0.797	15	7.066	<0.001	Yes
ZC54 vs. ZC42	0.472	15	4.184	0.170	No
ZC54 vs. ZC48	0.192	15	1.702	0.997	Do Not Test
ZC48 vs. ZC01	6.925	15	61.391	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC02	6.448	15	57.163	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC03	5.991	15	53.111	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC04	5.707	15	50.594	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC05	5.312	15	47.092	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC06	5.065	15	44.902	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC12	3.712	15	32.908	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC18	2.658	15	23.564	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC24	1.809	15	16.037	<0.001	Yes
ZC48 vs. ZC30	0.986	15	8.741	<0.001	Yes

ZC48 vs. ZC36	0.605	15	5.363	0.013	Yes
ZC48 vs. ZC42	0.280	15	2.482	0.916	Do Not Test
ZC42 vs. ZC01	6.645	15	58.909	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC02	6.168	15	54.681	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC03	5.711	15	50.629	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC04	5.427	15	48.111	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC05	5.032	15	44.610	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC06	4.785	15	42.420	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC12	3.432	15	30.425	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC18	2.378	15	21.081	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC24	1.529	15	13.555	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC30	0.706	15	6.259	<0.001	Yes
ZC42 vs. ZC36	0.325	15	2.881	0.776	No
ZC36 vs. ZC01	6.320	15	56.028	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC02	5.843	15	51.799	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC03	5.386	15	47.748	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC04	5.102	15	45.230	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC05	4.707	15	41.728	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC06	4.460	15	39.539	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC12	3.107	15	27.544	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC18	2.053	15	18.200	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC24	1.204	15	10.674	<0.001	Yes
ZC36 vs. ZC30	0.381	15	3.378	0.524	No
ZC30 vs. ZC01	5.939	15	52.650	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC02	5.462	15	48.422	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC03	5.005	15	44.370	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC04	4.721	15	41.853	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC05	4.326	15	38.351	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC06	4.079	15	36.161	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC12	2.726	15	24.167	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC18	1.672	15	14.823	<0.001	Yes
ZC30 vs. ZC24	0.823	15	7.296	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC01	5.116	15	45.354	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC02	4.639	15	41.126	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC03	4.182	15	37.074	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC04	3.898	15	34.557	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC05	3.503	15	31.055	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC06	3.256	15	28.865	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC12	1.903	15	16.870	<0.001	Yes
ZC24 vs. ZC18	0.849	15	7.527	<0.001	Yes



ZC18 vs. ZC01	4.267	15	37.828	<0.001	Yes
ZC18 vs. ZC02	3.790	15	33.599	<0.001	Yes
ZC18 vs. ZC03	3.333	15	29.548	<0.001	Yes
ZC18 vs. ZC04	3.049	15	27.030	<0.001	Yes
ZC18 vs. ZC05	2.654	15	23.528	<0.001	Yes
ZC18 vs. ZC06	2.407	15	21.339	<0.001	Yes
ZC18 vs. ZC12	1.054	15	9.344	<0.001	Yes
ZC12 vs. ZC01	3.213	15	28.484	<0.001	Yes
ZC12 vs. ZC02	2.736	15	24.255	<0.001	Yes
ZC12 vs. ZC03	2.279	15	20.204	<0.001	Yes
ZC12 vs. ZC04	1.995	15	17.686	<0.001	Yes
ZC12 vs. ZC05	1.600	15	14.184	<0.001	Yes
ZC12 vs. ZC06	1.353	15	11.995	<0.001	Yes
ZC06 vs. ZC01	1.860	15	16.489	<0.001	Yes
ZC06 vs. ZC02	1.383	15	12.261	<0.001	Yes
ZC06 vs. ZC03	0.926	15	8.209	<0.001	Yes
ZC06 vs. ZC04	0.642	15	5.691	0.005	Yes
ZC06 vs. ZC05	0.247	15	2.190	0.969	No
ZC05 vs. ZC01	1.613	15	14.300	<0.001	Yes
ZC05 vs. ZC02	1.136	15	10.071	<0.001	Yes
ZC05 vs. ZC03	0.679	15	6.019	0.002	Yes
ZC05 vs. ZC04	0.395	15	3.502	0.458	No
ZC04 vs. ZC01	1.218	15	10.798	<0.001	Yes
ZC04 vs. ZC02	0.741	15	6.569	<0.001	Yes
ZC04 vs. ZC03	0.284	15	2.518	0.906	No
ZC03 vs. ZC01	0.934	15	8.280	<0.001	Yes
ZC03 vs. ZC02	0.457	15	4.051	0.213	No
ZC02 vs. ZC01	0.477	15	4.229	0.157	No

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

## Filtek Z350 XT in red wine

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:59:04

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P = 0.132)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.186)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
ZW01	10	0	5.984	2.746	0.868
ZW02	10	0	7.835	2.926	0.925
ZW03	10	0	9.037	2.835	0.897
ZW04	10	0	11.073	4.509	1.426
ZW05	10	0	11.768	4.537	1.435
ZW06	10	0	12.827	4.802	1.519
ZW12	10	0	17.249	5.099	1.613
ZW18	10	0	19.679	4.703	1.487
ZW24	10	0	22.916	6.448	2.039
ZW30	10	0	24.764	6.064	1.918
ZW36	10	0	26.538	6.900	2.182
ZW42	10	0	28.022	6.630	2.097
ZW48	10	0	27.862	5.875	1.858
ZW54	10	0	29.626	6.617	2.092
ZW60	10	0	29.127	6.500	2.055

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	3314.996	368.333		
Between Treatments	14	10308.547	736.325	176.630	<0.001
Residual	126	525.262	4.169		
Total	149	14148.805			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
ZW54 vs. ZW01	23.642	15	36.617	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW02	21.791	15	33.750	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW03	20.589	15	31.888	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW04	18.553	15	28.735	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW05	17.858	15	27.659	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW06	16.799	15	26.018	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW12	12.377	15	19.170	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW18	9.947	15	15.406	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW24	6.710	15	10.392	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW30	4.862	15	7.530	<0.001	Yes
ZW54 vs. ZW36	3.088	15	4.783	0.051	No
ZW54 vs. ZW48	1.764	15	2.732	0.837	Do Not Test
ZW54 vs. ZW42	1.604	15	2.484	0.915	Do Not Test
ZW54 vs. ZW60	0.499	15	0.773	1.000	Do Not Test
ZW60 vs. ZW01	23.143	15	35.844	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW02	21.292	15	32.977	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW03	20.090	15	31.116	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW04	18.054	15	27.962	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW05	17.359	15	26.886	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW06	16.300	15	25.246	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW12	11.878	15	18.397	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW18	9.448	15	14.633	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW24	6.211	15	9.620	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW30	4.363	15	6.757	<0.001	Yes
ZW60 vs. ZW36	2.589	15	4.010	0.228	Do Not Test
ZW60 vs. ZW48	1.265	15	1.959	0.989	Do Not Test
ZW60 vs. ZW42	1.105	15	1.711	0.997	Do Not Test
ZW42 vs. ZW01	22.038	15	34.133	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW02	20.187	15	31.266	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW03	18.985	15	29.404	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW04	16.949	15	26.251	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW05	16.254	15	25.174	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW06	15.195	15	23.534	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW12	10.773	15	16.685	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW18	8.343	15	12.922	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW24	5.106	15	7.908	<0.001	Yes
ZW42 vs. ZW30	3.258	15	5.046	0.028	Yes

ZW42 vs. ZW36	1.484	15	2.298	0.953	Do Not Test
ZW42 vs. ZW48	0.160	15	0.248	1.000	Do Not Test
ZW48 vs. ZW01	21.878	15	33.885	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW02	20.027	15	31.018	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW03	18.825	15	29.156	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW04	16.789	15	26.003	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW05	16.094	15	24.927	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW06	15.035	15	23.286	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW12	10.613	15	16.437	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW18	8.183	15	12.674	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW24	4.946	15	7.660	<0.001	Yes
ZW48 vs. ZW30	3.098	15	4.798	0.050	Yes
ZW48 vs. ZW36	1.324	15	2.051	0.983	Do Not Test
ZW36 vs. ZW01	20.554	15	31.834	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW02	18.703	15	28.967	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW03	17.501	15	27.106	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW04	15.465	15	23.952	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW05	14.770	15	22.876	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW06	13.711	15	21.236	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW12	9.289	15	14.387	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW18	6.859	15	10.623	<0.001	Yes
ZW36 vs. ZW24	3.622	15	5.610	0.006	Yes
ZW36 vs. ZW30	1.774	15	2.748	0.831	No
ZW30 vs. ZW01	18.780	15	29.087	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW02	16.929	15	26.220	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW03	15.727	15	24.358	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW04	13.691	15	21.205	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW05	12.996	15	20.128	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW06	11.937	15	18.488	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW12	7.515	15	11.639	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW18	5.085	15	7.876	<0.001	Yes
ZW30 vs. ZW24	1.848	15	2.862	0.784	No
ZW24 vs. ZW01	16.932	15	26.224	<0.001	Yes
ZW24 vs. ZW02	15.081	15	23.358	<0.001	Yes
ZW24 vs. ZW03	13.879	15	21.496	<0.001	Yes
ZW24 vs. ZW04	11.843	15	18.343	<0.001	Yes
ZW24 vs. ZW05	11.148	15	17.266	<0.001	Yes
ZW24 vs. ZW06	10.089	15	15.626	<0.001	Yes
ZW24 vs. ZW12	5.667	15	8.777	<0.001	Yes
ZW24 vs. ZW18	3.237	15	5.013	0.030	Yes

ZW18 vs. ZW01	13.695	15	21.211	<0.001	Yes
ZW18 vs. ZW02	11.844	15	18.344	<0.001	Yes
ZW18 vs. ZW03	10.642	15	16.482	<0.001	Yes
ZW18 vs. ZW04	8.606	15	13.329	<0.001	Yes
ZW18 vs. ZW05	7.911	15	12.253	<0.001	Yes
ZW18 vs. ZW06	6.852	15	10.612	<0.001	Yes
ZW18 vs. ZW12	2.430	15	3.764	0.329	No
ZW12 vs. ZW01	11.265	15	17.447	<0.001	Yes
ZW12 vs. ZW02	9.414	15	14.580	<0.001	Yes
ZW12 vs. ZW03	8.212	15	12.719	<0.001	Yes
ZW12 vs. ZW04	6.176	15	9.565	<0.001	Yes
ZW12 vs. ZW05	5.481	15	8.489	<0.001	Yes
ZW12 vs. ZW06	4.422	15	6.849	<0.001	Yes
ZW06 vs. ZW01	6.843	15	10.598	<0.001	Yes
ZW06 vs. ZW02	4.992	15	7.732	<0.001	Yes
ZW06 vs. ZW03	3.790	15	5.870	0.003	Yes
ZW06 vs. ZW04	1.754	15	2.717	0.843	No
ZW06 vs. ZW05	1.059	15	1.640	0.998	Do Not Test
ZW05 vs. ZW01	5.784	15	8.958	<0.001	Yes
ZW05 vs. ZW02	3.933	15	6.091	0.002	Yes
ZW05 vs. ZW03	2.731	15	4.230	0.157	No
ZW05 vs. ZW04	0.695	15	1.076	1.000	Do Not Test
ZW04 vs. ZW01	5.089	15	7.882	<0.001	Yes
ZW04 vs. ZW02	3.238	15	5.015	0.030	Yes
ZW04 vs. ZW03	2.036	15	3.153	0.643	Do Not Test
ZW03 vs. ZW01	3.053	15	4.729	0.058	No
ZW03 vs. ZW02	1.202	15	1.862	0.993	Do Not Test
ZW02 vs. ZW01	1.851	15	2.867	0.782	Do Not Test

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

## Filtek P90 in coffee

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:54:11

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P > 0.200)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.731)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
SC01	10	0	0.746	0.364	0.115
SC02	10	0	1.036	0.418	0.132
SC03	10	0	1.010	0.399	0.126
SC04	10	0	0.744	0.404	0.128
SC05	10	0	1.113	0.391	0.124
SC06	10	0	1.011	0.305	0.0963
SC12	10	0	0.807	0.400	0.127
SC18	10	0	1.114	0.293	0.0926
SC24	10	0	1.232	0.366	0.116
SC30	10	0	0.973	0.349	0.110
SC36	10	0	1.048	0.444	0.140
SC42	10	0	1.157	0.203	0.0643
SC48	10	0	1.262	0.387	0.122
SC54	10	0	1.275	0.329	0.104
SC60	10	0	1.448	0.443	0.140

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	5.315	0.591		
Between Treatments	14	5.576	0.398	3.772	<0.001
Residual	126	13.303	0.106		
Total	149	24.193			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.991

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
SC60 vs. SC04	0.704	15	6.852	<0.001	Yes
SC60 vs. SC01	0.702	15	6.832	<0.001	Yes
SC60 vs. SC12	0.641	15	6.238	<0.001	Yes
SC60 vs. SC30	0.475	15	4.623	0.073	No
SC60 vs. SC03	0.438	15	4.263	0.148	Do Not Test
SC60 vs. SC06	0.437	15	4.253	0.150	Do Not Test
SC60 vs. SC02	0.412	15	4.010	0.228	Do Not Test
SC60 vs. SC36	0.400	15	3.893	0.273	Do Not Test
SC60 vs. SC05	0.335	15	3.260	0.586	Do Not Test
SC60 vs. SC18	0.334	15	3.251	0.592	Do Not Test
SC60 vs. SC42	0.291	15	2.832	0.797	Do Not Test
SC60 vs. SC24	0.216	15	2.102	0.978	Do Not Test
SC60 vs. SC48	0.186	15	1.810	0.995	Do Not Test
SC60 vs. SC54	0.173	15	1.684	0.998	Do Not Test
SC54 vs. SC04	0.531	15	5.168	0.021	Yes
SC54 vs. SC01	0.529	15	5.148	0.022	Yes
SC54 vs. SC12	0.468	15	4.555	0.084	No
SC54 vs. SC30	0.302	15	2.939	0.750	Do Not Test
SC54 vs. SC03	0.265	15	2.579	0.889	Do Not Test
SC54 vs. SC06	0.264	15	2.569	0.892	Do Not Test
SC54 vs. SC02	0.239	15	2.326	0.949	Do Not Test
SC54 vs. SC36	0.227	15	2.209	0.967	Do Not Test
SC54 vs. SC05	0.162	15	1.577	0.999	Do Not Test
SC54 vs. SC18	0.161	15	1.567	0.999	Do Not Test
SC54 vs. SC42	0.118	15	1.148	1.000	Do Not Test
SC54 vs. SC24	0.0430	15	0.418	1.000	Do Not Test
SC54 vs. SC48	0.0130	15	0.127	1.000	Do Not Test
SC48 vs. SC04	0.518	15	5.041	0.028	Yes
SC48 vs. SC01	0.516	15	5.022	0.030	Yes
SC48 vs. SC12	0.455	15	4.428	0.108	Do Not Test
SC48 vs. SC30	0.289	15	2.813	0.805	Do Not Test
SC48 vs. SC03	0.252	15	2.453	0.923	Do Not Test
SC48 vs. SC06	0.251	15	2.443	0.925	Do Not Test
SC48 vs. SC02	0.226	15	2.200	0.968	Do Not Test
SC48 vs. SC36	0.214	15	2.083	0.980	Do Not Test
SC48 vs. SC05	0.149	15	1.450	1.000	Do Not Test
SC48 vs. SC18	0.148	15	1.440	1.000	Do Not Test

SC48 vs. SC42	0.105	15	1.022	1.000	Do Not Test
SC48 vs. SC24	0.0300	15	0.292	1.000	Do Not Test
SC24 vs. SC04	0.488	15	4.749	0.055	No
SC24 vs. SC01	0.486	15	4.730	0.058	Do Not Test
SC24 vs. SC12	0.425	15	4.136	0.185	Do Not Test
SC24 vs. SC30	0.259	15	2.521	0.906	Do Not Test
SC24 vs. SC03	0.222	15	2.161	0.972	Do Not Test
SC24 vs. SC06	0.221	15	2.151	0.973	Do Not Test
SC24 vs. SC02	0.196	15	1.908	0.991	Do Not Test
SC24 vs. SC36	0.184	15	1.791	0.995	Do Not Test
SC24 vs. SC05	0.119	15	1.158	1.000	Do Not Test
SC24 vs. SC18	0.118	15	1.148	1.000	Do Not Test
SC24 vs. SC42	0.0750	15	0.730	1.000	Do Not Test
SC42 vs. SC04	0.413	15	4.019	0.224	Do Not Test
SC42 vs. SC01	0.411	15	4.000	0.231	Do Not Test
SC42 vs. SC12	0.350	15	3.406	0.508	Do Not Test
SC42 vs. SC30	0.184	15	1.791	0.995	Do Not Test
SC42 vs. SC03	0.147	15	1.431	1.000	Do Not Test
SC42 vs. SC06	0.146	15	1.421	1.000	Do Not Test
SC42 vs. SC02	0.121	15	1.178	1.000	Do Not Test
SC42 vs. SC36	0.109	15	1.061	1.000	Do Not Test
SC42 vs. SC05	0.0440	15	0.428	1.000	Do Not Test
SC42 vs. SC18	0.0430	15	0.418	1.000	Do Not Test
SC18 vs. SC04	0.370	15	3.601	0.407	Do Not Test
SC18 vs. SC01	0.368	15	3.581	0.417	Do Not Test
SC18 vs. SC12	0.307	15	2.988	0.727	Do Not Test
SC18 vs. SC30	0.141	15	1.372	1.000	Do Not Test
SC18 vs. SC03	0.104	15	1.012	1.000	Do Not Test
SC18 vs. SC06	0.103	15	1.002	1.000	Do Not Test
SC18 vs. SC02	0.0780	15	0.759	1.000	Do Not Test
SC18 vs. SC36	0.0660	15	0.642	1.000	Do Not Test
SC18 vs. SC05	0.00100	15	0.00973	1.000	Do Not Test
SC05 vs. SC04	0.369	15	3.591	0.412	Do Not Test
SC05 vs. SC01	0.367	15	3.572	0.422	Do Not Test
SC05 vs. SC12	0.306	15	2.978	0.731	Do Not Test
SC05 vs. SC30	0.140	15	1.363	1.000	Do Not Test
SC05 vs. SC03	0.103	15	1.002	1.000	Do Not Test
SC05 vs. SC06	0.102	15	0.993	1.000	Do Not Test
SC05 vs. SC02	0.0770	15	0.749	1.000	Do Not Test
SC05 vs. SC36	0.0650	15	0.633	1.000	Do Not Test



SC36 vs. SC04	0.304	15	2.959	0.741	Do Not Test
SC36 vs. SC01	0.302	15	2.939	0.750	Do Not Test
SC36 vs. SC12	0.241	15	2.345	0.945	Do Not Test
SC36 vs. SC30	0.0750	15	0.730	1.000	Do Not Test
SC36 vs. SC03	0.0380	15	0.370	1.000	Do Not Test
SC36 vs. SC06	0.0370	15	0.360	1.000	Do Not Test
SC36 vs. SC02	0.0120	15	0.117	1.000	Do Not Test
SC02 vs. SC04	0.292	15	2.842	0.793	Do Not Test
SC02 vs. SC01	0.290	15	2.822	0.801	Do Not Test
SC02 vs. SC12	0.229	15	2.229	0.964	Do Not Test
SC02 vs. SC30	0.0630	15	0.613	1.000	Do Not Test
SC02 vs. SC03	0.0260	15	0.253	1.000	Do Not Test
SC02 vs. SC06	0.0250	15	0.243	1.000	Do Not Test
SC06 vs. SC04	0.267	15	2.599	0.883	Do Not Test
SC06 vs. SC01	0.265	15	2.579	0.889	Do Not Test
SC06 vs. SC12	0.204	15	1.985	0.987	Do Not Test
SC06 vs. SC30	0.0380	15	0.370	1.000	Do Not Test
SC06 vs. SC03	0.001000	15	0.00973	1.000	Do Not Test
SC03 vs. SC04	0.266	15	2.589	0.886	Do Not Test
SC03 vs. SC01	0.264	15	2.569	0.892	Do Not Test
SC03 vs. SC12	0.203	15	1.976	0.988	Do Not Test
SC03 vs. SC30	0.0370	15	0.360	1.000	Do Not Test
SC30 vs. SC04	0.229	15	2.229	0.964	Do Not Test
SC30 vs. SC01	0.227	15	2.209	0.967	Do Not Test
SC30 vs. SC12	0.166	15	1.616	0.998	Do Not Test
SC12 vs. SC04	0.0630	15	0.613	1.000	Do Not Test
SC12 vs. SC01	0.0610	15	0.594	1.000	Do Not Test
SC01 vs. SC04	0.00200	15	0.0195	1.000	Do Not Test

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

## Filtek P90 in red wine

### One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Thursday, August 04, 2011, 13:59:33

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test: Passed (P = 0.110)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.015)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
SW01	10	0	1.625	0.536	0.169
SW02	10	0	2.210	0.633	0.200
SW03	10	0	2.502	0.566	0.179
SW04	10	0	3.698	0.985	0.312
SW05	10	0	4.124	1.004	0.317
SW06	10	0	4.314	0.964	0.305
SW12	10	0	3.218	0.708	0.224
SW18	10	0	2.888	0.768	0.243
SW24	10	0	3.332	0.890	0.282
SW30	10	0	3.818	0.866	0.274
SW36	10	0	5.088	0.996	0.315
SW42	10	0	4.893	1.017	0.321
SW48	10	0	5.245	1.095	0.346
SW54	10	0	5.217	0.961	0.304
SW60	10	0	5.077	1.420	0.449

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	9	84.808	9.423		
Between Treatments	14	192.890	13.778	58.567	<0.001
Residual	126	29.642	0.235		
Total	149	307.340			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0.050
SW48 vs. SW01	3.620	15	23.602	<0.001	Yes
SW48 vs. SW02	3.035	15	19.788	<0.001	Yes
SW48 vs. SW03	2.743	15	17.884	<0.001	Yes
SW48 vs. SW18	2.357	15	15.367	<0.001	Yes
SW48 vs. SW12	2.027	15	13.216	<0.001	Yes
SW48 vs. SW24	1.913	15	12.472	<0.001	Yes
SW48 vs. SW04	1.547	15	10.086	<0.001	Yes
SW48 vs. SW30	1.427	15	9.304	<0.001	Yes
SW48 vs. SW05	1.121	15	7.309	<0.001	Yes
SW48 vs. SW06	0.931	15	6.070	0.002	Yes
SW48 vs. SW42	0.352	15	2.295	0.954	No
SW48 vs. SW60	0.168	15	1.095	1.000	Do Not Test
SW48 vs. SW36	0.157	15	1.024	1.000	Do Not Test
SW48 vs. SW54	0.0280	15	0.183	1.000	Do Not Test
SW54 vs. SW01	3.592	15	23.419	<0.001	Yes
SW54 vs. SW02	3.007	15	19.605	<0.001	Yes
SW54 vs. SW03	2.715	15	17.701	<0.001	Yes
SW54 vs. SW18	2.329	15	15.185	<0.001	Yes
SW54 vs. SW12	1.999	15	13.033	<0.001	Yes
SW54 vs. SW24	1.885	15	12.290	<0.001	Yes
SW54 vs. SW04	1.519	15	9.904	<0.001	Yes
SW54 vs. SW30	1.399	15	9.121	<0.001	Yes
SW54 vs. SW05	1.093	15	7.126	<0.001	Yes
SW54 vs. SW06	0.903	15	5.887	0.003	Yes
SW54 vs. SW42	0.324	15	2.112	0.977	Do Not Test
SW54 vs. SW60	0.140	15	0.913	1.000	Do Not Test
SW54 vs. SW36	0.129	15	0.841	1.000	Do Not Test
SW36 vs. SW01	3.463	15	22.578	<0.001	Yes
SW36 vs. SW02	2.878	15	18.764	<0.001	Yes
SW36 vs. SW03	2.586	15	16.860	<0.001	Yes
SW36 vs. SW18	2.200	15	14.344	<0.001	Yes
SW36 vs. SW12	1.870	15	12.192	<0.001	Yes
SW36 vs. SW24	1.756	15	11.449	<0.001	Yes
SW36 vs. SW04	1.390	15	9.063	<0.001	Yes
SW36 vs. SW30	1.270	15	8.280	<0.001	Yes
SW36 vs. SW05	0.964	15	6.285	<0.001	Yes
SW36 vs. SW06	0.774	15	5.046	0.028	Yes

SW36 vs. SW42	0.195	15	1.271	1.000	Do Not Test
SW36 vs. SW60	0.0110	15	0.0717	1.000	Do Not Test
SW60 vs. SW01	3.452	15	22.506	<0.001	Yes
SW60 vs. SW02	2.867	15	18.692	<0.001	Yes
SW60 vs. SW03	2.575	15	16.788	<0.001	Yes
SW60 vs. SW18	2.189	15	14.272	<0.001	Yes
SW60 vs. SW12	1.859	15	12.120	<0.001	Yes
SW60 vs. SW24	1.745	15	11.377	<0.001	Yes
SW60 vs. SW04	1.379	15	8.991	<0.001	Yes
SW60 vs. SW30	1.259	15	8.208	<0.001	Yes
SW60 vs. SW05	0.953	15	6.213	0.001	Yes
SW60 vs. SW06	0.763	15	4.975	0.033	Yes
SW60 vs. SW42	0.184	15	1.200	1.000	Do Not Test
SW42 vs. SW01	3.268	15	21.307	<0.001	Yes
SW42 vs. SW02	2.683	15	17.493	<0.001	Yes
SW42 vs. SW03	2.391	15	15.589	<0.001	Yes
SW42 vs. SW18	2.005	15	13.072	<0.001	Yes
SW42 vs. SW12	1.675	15	10.921	<0.001	Yes
SW42 vs. SW24	1.561	15	10.177	<0.001	Yes
SW42 vs. SW04	1.195	15	7.791	<0.001	Yes
SW42 vs. SW30	1.075	15	7.009	<0.001	Yes
SW42 vs. SW05	0.769	15	5.014	0.030	Yes
SW42 vs. SW06	0.579	15	3.775	0.324	No
SW06 vs. SW01	2.689	15	17.532	<0.001	Yes
SW06 vs. SW02	2.104	15	13.718	<0.001	Yes
SW06 vs. SW03	1.812	15	11.814	<0.001	Yes
SW06 vs. SW18	1.426	15	9.297	<0.001	Yes
SW06 vs. SW12	1.096	15	7.146	<0.001	Yes
SW06 vs. SW24	0.982	15	6.402	<0.001	Yes
SW06 vs. SW04	0.616	15	4.016	0.225	No
SW06 vs. SW30	0.496	15	3.234	0.601	Do Not Test
SW06 vs. SW05	0.190	15	1.239	1.000	Do Not Test
SW05 vs. SW01	2.499	15	16.293	<0.001	Yes
SW05 vs. SW02	1.914	15	12.479	<0.001	Yes
SW05 vs. SW03	1.622	15	10.575	<0.001	Yes
SW05 vs. SW18	1.236	15	8.058	<0.001	Yes
SW05 vs. SW12	0.906	15	5.907	0.003	Yes
SW05 vs. SW24	0.792	15	5.164	0.021	Yes
SW05 vs. SW04	0.426	15	2.777	0.820	Do Not Test
SW05 vs. SW30	0.306	15	1.995	0.987	Do Not Test

SW30 vs. SW01	2.193	15	14.298	<0.001	Yes
SW30 vs. SW02	1.608	15	10.484	<0.001	Yes
SW30 vs. SW03	1.316	15	8.580	<0.001	Yes
SW30 vs. SW18	0.930	15	6.063	0.002	Yes
SW30 vs. SW12	0.600	15	3.912	0.265	No
SW30 vs. SW24	0.486	15	3.169	0.635	Do Not Test
SW30 vs. SW04	0.120	15	0.782	1.000	Do Not Test
SW04 vs. SW01	2.073	15	13.516	<0.001	Yes
SW04 vs. SW02	1.488	15	9.701	<0.001	Yes
SW04 vs. SW03	1.196	15	7.798	<0.001	Yes
SW04 vs. SW18	0.810	15	5.281	0.016	Yes
SW04 vs. SW12	0.480	15	3.129	0.656	Do Not Test
SW04 vs. SW24	0.366	15	2.386	0.937	Do Not Test
SW24 vs. SW01	1.707	15	11.129	<0.001	Yes
SW24 vs. SW02	1.122	15	7.315	<0.001	Yes
SW24 vs. SW03	0.830	15	5.411	0.011	Yes
SW24 vs. SW18	0.444	15	2.895	0.770	No
SW24 vs. SW12	0.114	15	0.743	1.000	Do Not Test
SW12 vs. SW01	1.593	15	10.386	<0.001	Yes
SW12 vs. SW02	1.008	15	6.572	<0.001	Yes
SW12 vs. SW03	0.716	15	4.668	0.066	No
SW12 vs. SW18	0.330	15	2.152	0.973	Do Not Test
SW18 vs. SW01	1.263	15	8.234	<0.001	Yes
SW18 vs. SW02	0.678	15	4.420	0.110	No
SW18 vs. SW03	0.386	15	2.517	0.907	Do Not Test
SW03 vs. SW01	0.877	15	5.718	0.005	Yes
SW03 vs. SW02	0.292	15	1.904	0.991	Do Not Test
SW02 vs. SW01	0.585	15	3.814	0.306	No

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

ภาคผนวก จ

ค่าสถิติการทดสอบการดูดซับเครื่องต้มที่มีสีของเรซินคอมโพสิต

SPLIT FILE SEPARATE BY drink composite.

NPAR TESTS

/K-S(NORMAL)=Dsobrtion

/MISSING ANALYSIS.

## NPar Tests

		Notes
Output Created		16-ศ.ค.-2554, 21 นาฬิกา 46 นาที
Comments		
Input	Data	C:\Users\Ratcha\Dropbox\_Thesis\Stat \Thesis_Absorption.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	drink, composite
	N of Rows in Working Data File	50
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.
Syntax		NPAR TESTS  /K-S(NORMAL)=Dsobrtion  /MISSING ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00 00:00:00.000
	Elapsed Time	00 00:00:00.000
	Number of Cases Allowed <sup>a</sup>	196608

a. Based on availability of workspace memory.

[DataSet1] C:\Users\Ratcha\Dropbox\\_Thesis\Stat\Thesis\_Absorption.sav

**drink = coffee, composite = Estelite Sigma**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	18.5900
	Std. Deviation	.66004
Most Extreme Differences	Absolute	.185
	Positive	.185
	Negative	-.184
Kolmogorov-Smirnov Z		.413
Asymp. Sig. (2-tailed)		.996

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = coffee, composite = Estelite Sigma

**drink = coffee, composite = Venus**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	22.1380
	Std. Deviation	1.00934
Most Extreme Differences	Absolute	.168
	Positive	.153



	Negative	-.168
Kolmogorov-Smirnov Z		.375
Asymp. Sig. (2-tailed)		.999

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = Venus

**drink = coffee, composite = Premise**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	16.8820
	Std. Deviation	.43586
Most Extreme Differences	Absolute	.259
	Positive	.226
	Negative	-.259
Kolmogorov-Smirnov Z		.578
Asymp. Sig. (2-tailed)		.892

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = Premise

**drink = coffee, composite = Z350XT**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	26.6600

	Std. Deviation	.28425
Most Extreme Differences	Absolute	.230
	Positive	.154
	Negative	-.230
Kolmogorov-Smirnov Z		.515
Asymp. Sig. (2-tailed)		.954

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = Z350XT

**drink = coffee, composite = P90**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	8.8380
	Std. Deviation	.75592
Most Extreme Differences	Absolute	.224
	Positive	.224
	Negative	-.140
Kolmogorov-Smirnov Z		.500
Asymp. Sig. (2-tailed)		.964

- a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. drink = coffee, composite = P90

**drink = red wine, composite = Estelite Sigma**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	20.3960
	Std. Deviation	.73166
Most Extreme Differences	Absolute	.227
	Positive	.227
	Negative	-.226
Kolmogorov-Smirnov Z		.508
Asymp. Sig. (2-tailed)		.958

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = red wine, composite = Estelite Sigma

**drink = red wine, composite = Venus**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	24.0600
	Std. Deviation	1.04587
Most Extreme Differences	Absolute	.273
	Positive	.217
	Negative	-.273
Kolmogorov-Smirnov Z		.611
Asymp. Sig. (2-tailed)		.849

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = red wine, composite = Venus

**drink = red wine, composite = Premise**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	17.4120
	Std. Deviation	.31068
Most Extreme Differences	Absolute	.200
	Positive	.200
	Negative	-.174
Kolmogorov-Smirnov Z		.448
Asymp. Sig. (2-tailed)		.988

- a. Test distribution is Normal.  
 b. Calculated from data.  
 c. drink = red wine, composite = Premise

**drink = red wine, composite = Z350XT**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test<sup>c</sup>**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	27.2040
	Std. Deviation	.58205
Most Extreme Differences	Absolute	.175
	Positive	.175
	Negative	-.145
Kolmogorov-Smirnov Z		.391
Asymp. Sig. (2-tailed)		.998

- a. Test distribution is Normal.  
 b. Calculated from data.  
 c. drink = red wine, composite = Z350XT

**drink = red wine, composite = P90**

		Dsorbtion
N		5
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	8.0040
	Std. Deviation	.57864
Most Extreme Differences	Absolute	.232
	Positive	.217
	Negative	-.232
Kolmogorov-Smirnov Z		.518
Asymp. Sig. (2-tailed)		.951

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. drink = red wine, composite = P90

SPLIT FILE OFF.

UNIANOVA Dsorbtion BY drink composite

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/PRINT=DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=drink composite drink\*composite.

## Univariate Analysis of Variance

### Notes

Output Created

16-ธ.ค.-2554, 21 นาฬิกา 47 นาที

Comments			
Input	Data	C:\Users\Ratcha\Dropbox\_Thesis\Stat	
	Active Dataset	\Thesis_Absorption.sav	
	Filter	DataSet1	
	Weight	<none>	
	Split File	<none>	
	N of Rows in Working Data		50
	File		
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.	
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data for all variables in the model.	
Syntax		UNIANOVA Dsorbtion BY drink composite /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /PRINT=DESCRIPTIVE /CRITERIA=ALPHA(.05) /DESIGN=drink composite drink*composite.	
Resources	Processor Time		00 00:00:00.015
	Elapsed Time		00 00:00:00.017

[DataSet1] C:\Users\Ratcha\Dropbox\\_Thesis\Stat\Thesis\_Absorption.sav

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
drink	1	coffee	25
	2	red wine	25
composite	1	Estelite	10
		Sigma	
	2	Venus	10
	3	Premise	10

4	Z350XT	10
5	P90	10

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: Dsorbtion

drink	composite	Mean	Std. Deviation	N
coffee	Estelite Sigma	18.5900	.66004	5
	Venus	22.1380	1.00934	5
	Premise	16.8820	.43586	5
	Z350XT	26.6600	.28425	5
	P90	8.8380	.75592	5
	Total		18.6216	6.08215
red wine	Estelite Sigma	20.3960	.73166	5
	Venus	24.0600	1.04587	5
	Premise	17.4120	.31068	5
	Z350XT	27.2040	.58205	5
	P90	8.0040	.57864	5
	Total		19.4152	6.76001
Total	Estelite Sigma	19.4930	1.15653	10
	Venus	23.0990	1.40181	10
	Premise	17.1470	.45316	10
	Z350XT	26.9320	.51835	10
	P90	8.4210	.77200	10
	Total		19.0184	6.37668

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Dsorbtion

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1973.657 <sup>a</sup>	9	219.295	466.991	.000
Intercept	18084.977	1	18084.977	38512.106	.000
drink	7.873	1	7.873	16.765	.000
composite	1953.086	4	488.272	1039.778	.000
drink * composite	12.698	4	3.174	6.760	.000
Error	18.784	40	.470		
Total	20077.417	50			

Corrected Total	1992.440	49			
-----------------	----------	----	--	--	--

a. R Squared = .991 (Adjusted R Squared = .988)

ONEWAY Dsorbtion BY group

/STATISTICS HOMOGENEITY

/MISSING ANALYSIS

/POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).

## Oneway

### Notes

Output Created		16-ส.ค.-2554, 21 นาฬิกา 51 นาที
Comments		
Input	Data	C:\Users\Ratcha\Dropbox\_Thesis\Stat \Thesis_Absorption.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	50
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY Dsorbtion BY group /STATISTICS HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=BONFERRONI ALPHA(0.05).



Resources	Processor Time	00 00:00:00.016
	Elapsed Time	00 00:00:00.016

[DataSet1] C:\Users\Ratcha\Dropbox\\_Thesis\Stat\Thesis\_Absorption.sav

### Test of Homogeneity of Variances

Dsorbtion

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.256	9	40	.290

### ANOVA

Dsorbtion

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1973.657	9	219.295	466.991	.000
Within Groups	18.784	40	.470		
Total	1992.440	49			

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dsorbtion

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-3.54800 <sup>*</sup>	.43340	.000	-5.0711	-2.0249
	3	1.70800 <sup>*</sup>	.43340	.014	.1849	3.2311
	4	-8.07000 <sup>*</sup>	.43340	.000	-9.5931	-6.5469
	5	9.75200 <sup>*</sup>	.43340	.000	8.2289	11.2751

	6	-1.80600 <sup>*</sup>	.43340	.007	-3.3291	-.2829
	7	-5.47000 <sup>*</sup>	.43340	.000	-6.9931	-3.9469
	8	1.17800	.43340	.435	-.3451	2.7011
	9	-8.61400 <sup>*</sup>	.43340	.000	-10.1371	-7.0909
	10	10.58600 <sup>*</sup>	.43340	.000	9.0629	12.1091
2	1	3.54800 <sup>*</sup>	.43340	.000	2.0249	5.0711
	3	5.25600 <sup>*</sup>	.43340	.000	3.7329	6.7791
	4	-4.52200 <sup>*</sup>	.43340	.000	-6.0451	-2.9989
	5	13.30000 <sup>*</sup>	.43340	.000	11.7769	14.8231
	6	1.74200 <sup>*</sup>	.43340	.011	.2189	3.2651
	7	-1.92200 <sup>*</sup>	.43340	.003	-3.4451	-.3989
	8	4.72600 <sup>*</sup>	.43340	.000	3.2029	6.2491
	9	-5.06600 <sup>*</sup>	.43340	.000	-6.5891	-3.5429
	10	14.13400 <sup>*</sup>	.43340	.000	12.6109	15.6571
3	1	-1.70800 <sup>*</sup>	.43340	.014	-3.2311	-.1849
	2	-5.25600 <sup>*</sup>	.43340	.000	-6.7791	-3.7329
	4	-9.77800 <sup>*</sup>	.43340	.000	-11.3011	-8.2549
	5	8.04400 <sup>*</sup>	.43340	.000	6.5209	9.5671
	6	-3.51400 <sup>*</sup>	.43340	.000	-5.0371	-1.9909
	7	-7.17800 <sup>*</sup>	.43340	.000	-8.7011	-5.6549
	8	-.53000	.43340	1.000	-2.0531	.9931
	9	-10.32200 <sup>*</sup>	.43340	.000	-11.8451	-8.7989
	10	8.87800 <sup>*</sup>	.43340	.000	7.3549	10.4011
4	1	8.07000 <sup>*</sup>	.43340	.000	6.5469	9.5931
	2	4.52200 <sup>*</sup>	.43340	.000	2.9989	6.0451
	3	9.77800 <sup>*</sup>	.43340	.000	8.2549	11.3011
	5	17.82200 <sup>*</sup>	.43340	.000	16.2989	19.3451
	6	6.26400 <sup>*</sup>	.43340	.000	4.7409	7.7871
	7	2.60000 <sup>*</sup>	.43340	.000	1.0769	4.1231
	8	9.24800 <sup>*</sup>	.43340	.000	7.7249	10.7711
	9	-.54400	.43340	1.000	-2.0671	.9791
	10	18.65600 <sup>*</sup>	.43340	.000	17.1329	20.1791
5	1	-9.75200 <sup>*</sup>	.43340	.000	-11.2751	-8.2289
	2	-13.30000 <sup>*</sup>	.43340	.000	-14.8231	-11.7769
	3	-8.04400 <sup>*</sup>	.43340	.000	-9.5671	-6.5209
	4	-17.82200 <sup>*</sup>	.43340	.000	-19.3451	-16.2989
	6	-11.55800 <sup>*</sup>	.43340	.000	-13.0811	-10.0349
	7	-15.22200 <sup>*</sup>	.43340	.000	-16.7451	-13.6989
	8	-8.57400 <sup>*</sup>	.43340	.000	-10.0971	-7.0509

	9	-18.36600*	.43340	.000	-19.8891	-16.8429
	10	.83400	.43340	1.000	-.6891	2.3571
6	1	1.80600*	.43340	.007	.2829	3.3291
	2	-1.74200*	.43340	.011	-3.2651	-.2189
	3	3.51400*	.43340	.000	1.9909	5.0371
	4	-6.26400*	.43340	.000	-7.7871	-4.7409
	5	11.55800*	.43340	.000	10.0349	13.0811
	7	-3.66400*	.43340	.000	-5.1871	-2.1409
	8	2.98400*	.43340	.000	1.4609	4.5071
	9	-6.80800*	.43340	.000	-8.3311	-5.2849
	10	12.39200*	.43340	.000	10.8689	13.9151
7	1	5.47000*	.43340	.000	3.9469	6.9931
	2	1.92200*	.43340	.003	.3989	3.4451
	3	7.17800*	.43340	.000	5.6549	8.7011
	4	-2.60000*	.43340	.000	-4.1231	-1.0769
	5	15.22200*	.43340	.000	13.6989	16.7451
	6	3.66400*	.43340	.000	2.1409	5.1871
	8	6.64800*	.43340	.000	5.1249	8.1711
	9	-3.14400*	.43340	.000	-4.6671	-1.6209
	10	16.05600*	.43340	.000	14.5329	17.5791
8	1	-1.17800	.43340	.435	-2.7011	.3451
	2	-4.72600*	.43340	.000	-6.2491	-3.2029
	3	.53000	.43340	1.000	-.9931	2.0531
	4	-9.24800*	.43340	.000	-10.7711	-7.7249
	5	8.57400*	.43340	.000	7.0509	10.0971
	6	-2.98400*	.43340	.000	-4.5071	-1.4609
	7	-6.64800*	.43340	.000	-8.1711	-5.1249
	9	-9.79200*	.43340	.000	-11.3151	-8.2689
	10	9.40800*	.43340	.000	7.8849	10.9311
9	1	8.61400*	.43340	.000	7.0909	10.1371
	2	5.06600*	.43340	.000	3.5429	6.5891
	3	10.32200*	.43340	.000	8.7989	11.8451
	4	.54400	.43340	1.000	-.9791	2.0671
	5	18.36600*	.43340	.000	16.8429	19.8891
	6	6.80800*	.43340	.000	5.2849	8.3311
	7	3.14400*	.43340	.000	1.6209	4.6671
	8	9.79200*	.43340	.000	8.2689	11.3151
	10	19.20000*	.43340	.000	17.6769	20.7231
10	1	-10.58600*	.43340	.000	-12.1091	-9.0629

2	-14.13400*	.43340	.000	-15.6571	-12.6109
3	-8.87800*	.43340	.000	-10.4011	-7.3549
4	-18.65600*	.43340	.000	-20.1791	-17.1329
5	-.83400	.43340	1.000	-2.3571	.6891
6	-12.39200*	.43340	.000	-13.9151	-10.8689
7	-16.05600*	.43340	.000	-17.5791	-14.5329
8	-9.40800*	.43340	.000	-10.9311	-7.8849
9	-19.20000*	.43340	.000	-20.7231	-17.6769

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ทพ.รัชชา รักศักดิ์มนุษย์ เกิดเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2549 ได้เข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ ที่โรงพยาบาล แก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2549 ถึง 2550 ภายหลังลาออกจากราชการ ประกอบ วิชาชีพทันตแพทย์อิสระ ณ สถานบริการทันตกรรมเอกชน

ปัจจุบันศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย