



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การทำนายคุณภาพภายในของผลสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิค
วิเคราะห์พหุตัวแปรจากคุณสมบัติทางไฟฟ้า
Non-destructive prediction of pineapple's qualities using
multivariate analysis technique from electrical properties

นายสนธิสุข วีระชัยชยุติ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2560

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การทำนายคุณภาพภายในของผลสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิค
วิเคราะห์พหุตัวแปรจากคุณสมบัติทางไฟฟ้า
Non-destructive prediction of pineapple's qualities using
multivariate analysis technique from electrical properties

นายสนธิสุข ธีระชัยขยติ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2560
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
ส 192 ๗
2560

เลขทะเบียน 149079
วัน เดือน ปี 4 ธ.ค. 2561

12881387
.b.....
.i.....

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การทำนายคุณภาพภายในของผลสับประรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิควิเคราะห์พหุตัวแปรจากคุณสมบัติทางไฟฟ้า

ชื่อโครงการ Non-destructive prediction of pineapple's qualities using multivariate analysis technique from electrical properties

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 328,000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี (1 ตุลาคม 2559 - 30 กันยายน 2560)

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

รศ.ดร. สนธิสุข ธีระชัยชยุติ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

สับประรดสายพันธุ์ปัตตาเวียเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศที่สามารถส่งออกไปทั่วโลก อีกทั้งยังสามารถแปรรูปออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ได้อีกหลายชนิด แต่ในปัจจุบันพบว่ายังมีปัญหาในการคัดแยกคุณภาพและมาตรฐานที่แน่นอน ซึ่งโดยทั่วไปมักอาศัยการพิจารณาคุณสมบัติภายนอกและทางเคมีเพื่อสร้างสมการทำนายค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในอาหาร อัตราส่วนของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด %Recovery และ Texture โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด เพื่อนำมาวิเคราะห์จากข้อมูลทางสถิติที่ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป สร้างสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น (multiple linear regression) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สับประรดทั้งหมด 93 ผลใช้ทดสอบสมการทั้ง 93 ผลและใช้ในทวนสอบ 40 ผลโดยใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมด 84 ตัวโดยแบ่งตัวแปรอิสระออกเป็น 11 ชุดการทำนายคือ กลุ่มค่าทางไฟฟ้าและค่าทางกายภาพ กลุ่มค่าทางไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ กลุ่มค่าทางไฟฟ้าแต่ละตัวที่ค่าความถี่ต่างๆ และกลุ่มค่าทางกายภาพ เพื่อสร้างสมการที่ทำนายผลดีที่สุดโดยพบว่าตัวแปรอิสระที่เหมาะสมที่สร้างสมการได้แม่นยำที่สุดคือค่าทางไฟฟ้าและค่าทางกายภาพ ซึ่งสามารถสร้างสมการทำนายค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) เมื่อพิจารณาจากค่า R^2 จาก validation สามารถทำนายตัวแปรได้ 0.94 และ RMSEV = 0.272 °Brix สร้างสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด เมื่อพิจารณาจากค่า R^2 สูงสุดสามารถทำนายตัวแปรได้ 0.91 และ RMSEV = 0.004% สร้างสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในอาหาร เมื่อพิจารณาจากค่า R^2 สูงสุดสามารถทำนายตัวแปรได้ 0.969 และ RMSEV = 0.533% สร้างสมการทำนายอัตราส่วนของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด เมื่อพิจารณาจากค่า R^2 สูงสุดสามารถทำนายตัวแปรได้ 0.963 และ RMSEV = 10.53 °Brix/%TA สร้างสมการทำนาย %Recovery เมื่อพิจารณาจากค่า R^2 สูงสุดสามารถทำนายตัวแปรได้ 0.92 และ RMSEV = 1.605% สร้างสมการทำนาย Texture เมื่อพิจารณาจากค่า R^2 สูงสุดสามารถทำนายตัวแปรได้ 0.974 และ RMSEV = 0.063 N แสดงว่าการวิเคราะห์คุณสมบัติของสับประรดแบบไม่ทำลายควรเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจากค่าโดยคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และ น้ำหนักของสับประต ซึ่งสามารถนำสมการเหล่านี้ไปสร้างสมการหลายตัวแปร เพื่อใช้ทำนายคุณภาพของ สับประตแบบไม่ทำลายได้

คำสำคัญ: สับประต, การตรวจสอบ, ไม่ทำลาย, คุณสมบัติทางไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Pineapple cultivar “Pattawia” is an important crop in Thailand that can export to the world. It can be processed to many kinds of products. The current problem is the method for sorting under an exacting standard. This experiment aimed to use the external features and chemical equations to predict the total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), the percentage of moisture, the ratio of total soluble solids to titratable acidity, % Recovery and Texture. By considering electrical properties at various frequencies (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 and 200 Hz) such as capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor, phase angle and the physical properties such as density, chroma, GMD and the weight of pineapple. Multiple linear regression was used to develop the calibration model (N=93) and 40 pineapples were used for validation. A total of 84 independent variables were considered for establishment of the model. The equation can predict the total soluble solid (TSS) when considering the R^2 of 0.94 and RMSEV = 0.272 °Brix from validation. The equation can predict the titratable acidity when considering the R^2 of 0.91 and RMSEV = 0.004% from validation. The equation can predict the percentage of moisture when considering the R^2 of 0.969 and RMSEV = 0.533% from validation. The equation can predict the ratio of total soluble solids and titratable acidity when considering the R^2 of 0.963 and RMSEV = 10.53 °Brix/%TA from validation. The equation can predict the %Recovery when considering the R^2 of 0.92 and RMSEV = 1.605% from validation. The equation can predict the texture when considering the R^2 of 0.974 and RMSEV = 0.063 N from validation. The analysis shows that the qualities of the pineapple can be predicted by using the model from multivariate technique.

Keywords: pineapple, evaluate, nondestructive, electrical properties

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนงบประมาณประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการสถานศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในงานวิจัย คณะผู้วิจัยหวังว่ารายงานวิจัยฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์กับผู้ที่เกี่ยวข้อง หากรายงานวิจัยฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

รศ.ดร.สนธิสุข อีระชัยชยติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ณ
สัญลักษณ์คำย่อและอักษรย่อ	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎี	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี	13
3.2 อุปกรณ์	13
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	20
4.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าทางไฟฟ้าและตัวแปรต่างๆ	20
4.2 การสร้างสมการทำนายคุณภาพสับประรดโดยใช้ค่าทางไฟฟ้าและตัวแปรอื่นๆ	47
4.3 การสร้างสมการทำนายคุณภาพสับประรดโดยใช้ค่าทางไฟฟ้า	62
4.4 การสร้างสมการทำนายคุณภาพสับประรดโดยใช้ตัวแปรอิสระ	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปลผลและข้อเสนอแนะ	82
บรรณานุกรม	84
ภาคผนวก	87



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง	24
4.2	แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง	29
4.3	แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง	33
4.4	แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง	38
4.5	แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง	42
4.6	แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง	47
4.7	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Titratable acidity เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร	49
4.8	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า TSS เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร	51
4.9	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า อัตราส่วนของ TSS/ TA เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร	53
4.10	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Moisture content เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร	56
4.11	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Texture เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร	58
4.12	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า %Recovery เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร	61
4.13	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Titratable acidity เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า	63
4.14	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า TSS เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า	66
4.15	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่าอัตราส่วนของ TSS/ TA เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า	68
4.16	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Moisture content เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า	70
4.17	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Texture เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า	73
4.18	แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า %Recovery เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Titratable acidity เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ	76
4.20 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า TSS เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ	77
4.21 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่าอัตราส่วนของ TSS/ TA เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ	78
4.22 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Moisture content เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ	79
4.23 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Texture เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ	80
4.24 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า %Recovery เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ	81
ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ก.1 ตารางที่ 1 ค่า capacitance ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	88
ก.2 ตารางที่ 2 ค่า inductance ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	96
ก.3 ตารางที่ 3 ค่า impedance ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	104
ก.4 ตารางที่ 4 ค่า resistance ₁ ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	112
ก.5 ตารางที่ 5 ค่า resistance ₂ ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	120
ก.6 ตารางที่ 6 ค่า d-factor ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	128
ก.7 ตารางที่ 7 ค่า q-factor ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	136
ก.8 ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz	144
ก.9 ตารางที่ 9 ผลการทดลองแบบไม่ทำลาย	152
ก.10 ตารางที่ 10 ผลการทดลองแบบทำลาย	156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงมุมเฟส(Phase Angle)	5
3.1	แสดงเครื่อง Color meter รุ่น CR300	14
3.2	เวอร์เนียวคาลิปเปอร์	15
3.3	เครื่อง LCR 800	15
3.4	วัดปริมาตรและความหนาแน่น	16
3.5	เครื่อง Texture Technology รุ่น Tax2i Texture Analyze	17
3.6	เครื่อง Refractometer	18
3.7	วิธีการไทเทรต	19
4.1	เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	20
4.2	เปรียบเทียบค่า inducetance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	21
4.3	เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	21
4.4	เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	22
4.5	เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	22
4.6	เปรียบเทียบค่า dissipation Factor เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	23
4.7	เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	23
4.8	เปรียบเทียบค่า phase Angle เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน	24
4.9	เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	25
4.10	เปรียบเทียบค่า inducetance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	25
4.11	เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	26
4.12	เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	26
4.13	เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	27
4.14	เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	27
4.15	เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	28
4.16	เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน	28
4.17	เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS/ TA ต่างกัน	29
4.18	เปรียบเทียบค่า inducetance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS/ TA ต่างกัน	30
4.19	เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี TSS/ TA ต่างกัน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.20 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี TSS/ TA ต่างกัน	31
4.21 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี TSS/ TA ต่างกัน	31
4.22 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี TSS/ TA ต่างกัน	32
4.23 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี TSS/ TA ต่างกัน	32
4.24 เปรียบเทียบค่า phase Angle เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS/ TA ต่างกัน	33
4.25 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Moisture content ต่างกัน	34
4.26 เปรียบเทียบค่า inducetance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Moisture content ต่างกัน	34
4.27 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Moisture content ต่างกัน	35
4.28 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Moisture content ต่างกัน	35
4.29 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Moisture content ต่างกัน	36
4.30 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Moisture content ต่างกัน	36
4.31 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Moisture content ต่างกัน	37
4.32 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Moisture content ต่างกัน	37
4.33 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Texture ต่างกัน	38
4.34 เปรียบเทียบค่า inducetance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Texture ต่างกัน	39
4.35 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Texture ต่างกัน	39
4.36 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Texture ต่างกัน	40

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.37 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Texture ต่างกัน	40
4.38 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Texture ต่างกัน	41
4.39 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี Texture ต่างกัน	41
4.40 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Texture ต่างกัน	42
4.41 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี %recovery ต่างกัน	43
4.42 เปรียบเทียบค่า inductance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี %recovery ต่างกัน	43
4.43 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี %recovery ต่างกัน	44
4.44 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี %recovery ต่างกัน	44
4.45 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี %recovery ต่างกัน	45
4.46 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี %recovery ต่างกัน	45
4.47 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่ม ที่มี %recovery ต่างกัน	46
4.48 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี %recovery ต่างกัน	46
4.49 เปรียบเทียบค่า Titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้ จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	47
4.50 เปรียบเทียบค่า Titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้ จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	48
4.51 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้ จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	50
4.52 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้ จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	50

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.53 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนของ TSS/ TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	52
4.54 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนของ TSS/ TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	53
4.55 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	54
4.56 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	55
4.57 เปรียบเทียบค่า Texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	57
4.58 เปรียบเทียบค่า Texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	58
4.59 เปรียบเทียบค่า %Recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	59
4.60 เปรียบเทียบค่า %Recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	60
4.61 เปรียบเทียบค่า Titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	62
4.62 เปรียบเทียบค่า Titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	63
4.63 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	64
4.64 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	65
4.65 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนของ TSS/ TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	67
4.66 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนของ TSS/ TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	67

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.67 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	69
4.68 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	70
4.69 เปรียบเทียบค่า Texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	71
4.70 เปรียบเทียบค่า Texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	72
4.71 เปรียบเทียบค่า %Recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration	74
4.72 เปรียบเทียบค่า %Recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation	75

สัญลักษณ์คำย่อและอักษรย่อ

C0.012	= capacitance ที่ความถี่ 0.012 Hz
C0.05	= capacitance ที่ความถี่ 0.05 Hz
C0.1	= capacitance ที่ความถี่ 0.1 Hz
C0.5	= capacitance ที่ความถี่ 0.5 Hz
C1	= capacitance ที่ความถี่ 1 Hz
C5	= capacitance ที่ความถี่ 5 Hz
C10	= capacitance ที่ความถี่ 10 Hz
C50	= capacitance ที่ความถี่ 50 Hz
C100	= capacitance ที่ความถี่ 100 Hz
C200	= capacitance ที่ความถี่ 200 Hz
L0.012	= inductance ที่ความถี่ 0.012 Hz
L0.05	= inductance ที่ความถี่ 0.05 Hz
L0.1	= inductance ที่ความถี่ 0.1 Hz
L0.5	= inductance ที่ความถี่ 0.5 Hz
L1	= inductance ที่ความถี่ 1 Hz
L5	= inductance ที่ความถี่ 5 Hz
L10	= inductance ที่ความถี่ 10 Hz
L50	= inductance ที่ความถี่ 50 Hz
L100	= inductance ที่ความถี่ 100 Hz
L200	= inductance ที่ความถี่ 200 Hz
Z0.012	= impedance ที่ความถี่ 0.012 Hz
Z0.05	= impedance ที่ความถี่ 0.05 Hz
Z0.1	= impedance ที่ความถี่ 0.1 Hz
Z0.5	= impedance ที่ความถี่ 0.5 Hz
Z1	= impedance ที่ความถี่ 1 Hz
Z5	= impedance ที่ความถี่ 5 Hz
Z10	= impedance ที่ความถี่ 10 Hz
Z50	= impedance ที่ความถี่ 50 Hz
Z100	= impedance ที่ความถี่ 100 Hz
Z200	= impedance ที่ความถี่ 200 Hz
R1-0.012	= resistance primary ที่ความถี่ 0.012 Hz
R1-0.05	= resistance primary ที่ความถี่ 0.05 Hz
R1-0.1	= resistance primary ที่ความถี่ 0.1 Hz
R1-0.5	= resistance primary ที่ความถี่ 0.5 Hz
R1-1	= resistance primary ที่ความถี่ 1 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R1-5	= resistance primary ที่ความถี่ 5 Hz
R1-10	= resistance primary ที่ความถี่ 10 Hz
R1-50	= resistance primary ที่ความถี่ 50 Hz
R1-100	= resistance primary ที่ความถี่ 100 Hz
R1-200	= resistance primary ที่ความถี่ 200 Hz
R2-0.012	= resistance secondary ที่ความถี่ 0.012 Hz
R2-0.05	= resistance secondary ที่ความถี่ 0.05 Hz
R2-0.1	= resistance secondary ที่ความถี่ 0.1 Hz
R2-0.5	= resistance secondary ที่ความถี่ 0.5 Hz
R2-1	= resistance secondary ที่ความถี่ 1 Hz
R2-5	= resistance secondary ที่ความถี่ 5 Hz
R2-10	= resistance secondary ที่ความถี่ 10 Hz
R2-50	= resistance secondary ที่ความถี่ 50 Hz
R2-100	= resistance secondary ที่ความถี่ 100 Hz
R2-200	= resistance secondary ที่ความถี่ 200 Hz
D0.012	= dissipation factor ที่ความถี่ 0.012 Hz
D0.05	= dissipation factor ที่ความถี่ 0.05 Hz
D0.1	= dissipation factor ที่ความถี่ 0.1 Hz
D0.5	= dissipation factor ที่ความถี่ 0.5 Hz
D1	= dissipation factor ที่ความถี่ 1 Hz
D5	= dissipation factor ที่ความถี่ 5 Hz
D10	= dissipation factor ที่ความถี่ 10 Hz
D50	= dissipation factor ที่ความถี่ 50 Hz
D100	= dissipation factor ที่ความถี่ 100 Hz
D200	= dissipation factor ที่ความถี่ 200 Hz
Q0.012	= quality factor ที่ความถี่ 0.012 Hz
Q0.05	= quality factor ที่ความถี่ 0.05 Hz
Q0.1	= quality factor ที่ความถี่ 0.1 Hz
Q0.5	= quality factor ที่ความถี่ 0.5 Hz
Q1	= quality factor ที่ความถี่ 1 Hz
Q5	= quality factor ที่ความถี่ 5 Hz
Q10	= quality factor ที่ความถี่ 10 Hz
Q50	= quality factor ที่ความถี่ 50 Hz
Q100	= quality factor ที่ความถี่ 100 Hz
Q200	= quality factor ที่ความถี่ 200 Hz
θ 0.012	= phase angle ที่ความถี่ 0.012 Hz
θ 0.05	= phase angle ที่ความถี่ 0.05 Hz
θ 0.1	= phase angle ที่ความถี่ 0.1 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

θ 0.5	= phase angle ที่ความถี่ 0.5 Hz
θ 1	= phase angle ที่ความถี่ 1 Hz
θ 5	= phase angle ที่ความถี่ 5 Hz
θ 10	= phase angle ที่ความถี่ 10 Hz
θ 50	= phase angle ที่ความถี่ 50 Hz
θ 100	= phase angle ที่ความถี่ 100 Hz
θ 200	= phase angle ที่ความถี่ 200 Hz
TA	= titratable acidity
TSS	= total soluble solid
Tex	= texture
MC	= moisture content
GMD	= Geometric Mean Diameter
RE	= %Recovery
B/A	= อัตราส่วนระหว่าง TTS/ TA
SEC	= standard error of calibration
SEV	= standard error of validation
RMSEC	= Root Mean Square Error of calibration
RMSEV	= Root Mean Square Error of validation
R^2	= Coefficient of determination
MLR	= multiple linear regression



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีทรัพยากรธรรมชาติอุดมสมบูรณ์เป็นดินแดนที่มีพืชพรรณตามธรรมชาติหลากหลายชนิดเหมาะต่อการเพาะปลูกและทำเกษตรกรรม มีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันทำให้เกิดความหลากหลายในการกระจายของผลผลิตไม้เมืองร้อนออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ผลไม้ นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยสามารถทำรายได้เข้าประเทศไทย 95,906 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2557 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) สับปะรดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยชนิดหนึ่ง เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น ปลูกมากในบริเวณภาคใต้และภาคตะวันออก พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก คือ พันธุ์ปัตตาเวียและเป็นพันธุ์ที่มีความต้องการของโรงงานสับปะรด ประเทศไทยสามารถส่งออกสับปะรดโดยมีปริมาณการผลิตและการส่งออกสูงเป็นอันดับหนึ่งของโลก คิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณปีละ 2 หมื่นล้านบาท ผลผลิตสับปะรดสดภายในประเทศ 70-80% จะส่งเข้าโรงงานแปรรูป ที่เหลืออีก 20-30% ใช้บริโภคสดภายในประเทศ ในแต่ละปีประเทศไทยส่งสับปะรดออกสู่ตลาดต่างประเทศในรูปของสับปะรดแปรรูป เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด และสับปะรดแช่แข็ง การที่ประเทศไทยกำลังเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนและต้องรักษาความเป็นประเทศที่ส่งออกผลผลิตสับปะรดมากที่สุดของโลก ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะสามารถผลิตสินค้าให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและเชื่อมั่นต่อลูกค้าอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ในการผลิตสินค้าให้มีคุณภาพดีจะต้องมีวัตถุดิบที่ดีด้วย ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญหลักของการผลิต ดังนั้นโรงงานจึงต้องทำการตรวจวัดคุณภาพวัตถุดิบสับปะรดก่อนการรับซื้อ โดยคุณภาพของสับปะรด นั้น ประกอบด้วยลักษณะใหญ่ๆ ที่จัดเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ขนาดของผล ความหวานหรือน้ำตาล ลักษณะเนื้อใน สีของเนื้อองค์ประกอบทางโภชนาการ รสชาติ สีเปลือก สารตกค้าง น้ำหนักต่อผล ความสมบูรณ์ ตำนานภายนอก เหล่านี้เป็นต้น โดยทั่วไปโรงงานสับปะรดที่มีไร่สับปะรดเป็นของตนเองก็จะสามารถควบคุมคุณภาพของสับปะรดที่ป้อนเข้าโรงงานได้ง่าย อย่างไรก็ตามโรงงานก็จะรับซื้อสับปะรดจากพ่อค้าคนกลางเช่นเดียวกัน ในส่วนนี้พ่อค้าจะรับซื้อจากเกษตรกรจากสถานที่ปลูกต่างๆ รวบรวมสับปะรดใส่รถบรรทุกและป้อนเข้าโรงงานในปริมาณมากๆในแต่ละครั้ง จึงมักมีปัญหว่าสับปะรดที่คุณภาพไม่ได้มาตรฐานอาจจะปะปนเข้าไปในสายการผลิตของโรงงาน ทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของสินค้า ซึ่งจะส่งผลทำให้ลูกค้าไม่เชื่อมั่นในความสม่ำเสมอของคุณภาพของสินค้าสับปะรดของไทย มีผลกระทบต่อการทำธุรกิจส่งออกและชื่อเสียงของประเทศไทย ปัญหาที่สำคัญของโรงงานสับปะรดกระป๋องคือ ค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรด ($Brix/\%acid$) หรือที่เรียกว่า B/A ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ปัญหาดังกล่าวขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ป้อนเข้าโรงงาน เป็นปัญหาที่ยากต่อการคัดแยกจากการมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจากลักษณะภายนอกของผลสับปะรด จึงจำเป็นต้องตรวจสอบโดยการตัดผ่าผลสับปะรดแบบทำลายตัวอย่างเพื่อทำการตรวจสอบ ปัญหา B/A เกิดจากวัตถุดิบมีระดับความสุกที่ไม่เหมาะสม วัตถุดิบที่มีความสุกมากจะมีค่า B/A ที่สูง ในทางตรงกันข้ามถ้าวัตถุดิบที่ยังไม่สุกหรือดิบจะมีค่า B/A ที่ต่ำ ดังนั้น โรงงานจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบและคัดแยกวัตถุดิบที่มีคุณภาพก่อนป้อนวัตถุดิบเข้าสู่สายการผลิต นอกจากนี้ยังมีคุณภาพอื่นที่สำคัญเช่นกัน ได้แก่ ปริมาณน้ำสับปะรด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแน่นเนื้อ pH ซึ่งล้วนเป็นตัวแปรด้านคุณภาพของวัตถุดิบที่โรงงานสับปรดต้องการทราบข้อมูลและคัดแยกก่อนป้อนเข้าสู่สายการผลิต

ปกติโรงงานสับปรดจะกำหนดค่ามาตรฐานในการรับซื้อสับปรดจากเกษตรกร โดยการตรวจวัดค่าต่างๆในห้องปฏิบัติการของโรงงาน อย่างไรก็ตาม โรงงานสามารถทำได้เพียงการสุ่มตรวจสับปรดจากเพียงบางผลจากถนบรทุกที่ขนส่งเพื่อป้อนเข้าโรงงานและเป็นวิธีการตรวจสอบที่ต้องทำลายตัวอย่างทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบ และยังต้องใช้เวลามากในการตรวจสอบแต่ละครั้ง จากวิธีการสุ่มตรวจจึงทำให้อาจยังไม่มีเชื่อมั่นในคุณภาพของวัตถุดิบทั้งหมดที่ป้อนเข้าสู่สายการผลิตของโรงงาน สิ่งที่โรงงานสับปรดต้องการมากคือวิธีการตรวจสอบและคัดแยกคุณภาพของสับปรดในทุกๆผลแบบออนไลน์ หรือการตรวจสอบบนสายพานแบบไม่ทำลายที่มีความรวดเร็ว มีความเชื่อถือได้ ตลอดจนต้องเป็นระบบที่มีราคาไม่สูงจนเกินไป สามารถตรวจสอบและคัดแยกคุณภาพสับปรดได้จากข้อมูลของสับปรดในทุกผลโดยไม่ต้องใช้วิธีสุ่มตรวจ การพัฒนากระบวนการคัดแยกดังกล่าวนอกจากจะช่วยให้โรงงานสามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพแล้ว ยังจะสามารถยกระดับราคาของสับปรดจากเกษตรกรตามคุณภาพให้สูงขึ้นได้อีกด้วย อีกทั้งเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกษตรกรต้องพยายามปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเทคนิคการตรวจสอบคุณภาพของสับปรดแบบไม่ทำลาย โดยใช้วิธีการสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้สำหรับการทำนายคุณภาพต่างๆของผลสับปรดจากค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆที่ได้จากการวัดที่ระดับความถี่ต่างๆ โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะได้เทคนิคที่สามารถตรวจสอบสับปรดได้ในทุกๆผลก่อนเข้ากระบวนการผลิตสามารถนำไปใช้พัฒนาเพื่อออกแบบเป็นระบบตรวจสอบและคัดแยกคุณภาพแบบออนไลน์ในลำดับต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของสับปรดพันธุ์ปัตตาเวีย ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรด %yield น้ำสับปรด และความแน่นเนื้อ กับค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆในช่วงความถี่ 12 Hz - 200 KHz ได้แก่ ค่าความจุไฟฟ้า (capacitance), ค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า (inductance), ค่าความต้านทานไฟฟ้า (resistance), ค่าอิมพีแดนซ์ (impedance), ค่าตัวประกอบคุณภาพ (quality factor), ค่าตัวประกอบการแผ่กระจาย (dissipation factor) และ ค่ามุมเฟส (phase angle)

1.2.2 เพื่อให้ได้สมการพหุตัวแปรใช้ในการทำนายคุณภาพต่างๆของผลสับปรดพันธุ์ปัตตาเวีย ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรด %yield น้ำสับปรด และ ความแน่นเนื้อ โดยใช้ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆในช่วงความถี่ 12 Hz - 200 KHz ได้แก่ ค่าความจุไฟฟ้า, ค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า, ค่าความต้านทานไฟฟ้า, ค่าอิมพีแดนซ์, ค่าตัวประกอบคุณภาพ, ค่าตัวประกอบการแผ่กระจาย และ ค่ามุมเฟส เป็นตัวแปรอิสระในการสร้างสมการ

1.2.3 เพื่อหาต้นแบบในการพัฒนาเครื่องมือคัดแยกสับปรด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถวัดค่าตัวแปรสำคัญต่างๆ แล้วทำนายคุณภาพต่างๆของสับปรดพันธุ์ปัตตาเวียได้

1.3.2 สามารถนำสมการความสัมพันธ์หลายตัวแปรจากการทดลองมาใช้เพื่อทำนายคุณภาพต่างๆของสับปรด โดยไม่ทำลาย

1.3.3 สามารถเป็นต้นแบบในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการคัดแยกคุณภาพสับปรด

1.3.4 เนื่องจากเป็นการตรวจสอบแบบไม่ทำลายจึงไม่ทำให้ผลสับปรดเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและค่าตัวแปรต่างๆที่สามารถวัดได้เพื่อจะทำการสร้างสมการโดยใช้เทคนิควิเคราะห์หาค่าตัวแปรเพื่อทำนายคุณภาพของสับปะรด ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรด %yield น้ำสับปะรด และ ความแน่นเนื้อ แบบไม่ทำลาย จากค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆในช่วงความถี่ 12 Hz - 200 KHz ที่สามารถวัดได้แบบไม่ทำลาย ได้แก่ ค่าความจุไฟฟ้า, ค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า, ค่าความต้านทานไฟฟ้า, ค่าอิมพีแดนซ์, ค่าตัวประกอบคุณภาพ, ค่าตัวประกอบการแผ่กระจาย และ ค่ามุมเฟส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

2.1.1.1 capacitance หรือ ความจุไฟฟ้า คือความสามารถในการเก็บประจุของตัวนำไฟฟ้า หรือ ปริมาณประจุไฟฟ้า ที่ทำให้ตัวนำมีค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 หน่วย ตัวนำใดมีความจุไฟฟ้ามาก แสดงว่าต้องใช้ประจุไฟฟ้าจำนวนมากในการทำให้ศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แต่ตัวนำใดมีความจุไฟฟ้าน้อย ศักย์ไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นจากเดิมมาก (นิรนาม, 2554)

2.1.1.2 inductance หรือ ความเหนี่ยวนำไฟฟ้า เป็นคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าที่ ตรงข้ามกับการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลใน วงจร เมื่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในลวดตัวนำไฟฟ้าโดยสนามแม่เหล็ก ขั้วของแรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะกระทำตรงข้ามกับการเปลี่ยนแปลงของ กระแสไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้จึงเรียกว่า “แรงเคลื่อนไฟฟ้าตรงข้าม (counter emf.)” มีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า 2 แบบ คือ การเหนี่ยวนำในตัวเอง (self-inductance) ซึ่งจะ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตรงข้ามในวงจรที่มีกระแสไหลผ่าน ตัวเอง อีกแบบหนึ่งคือ การเหนี่ยวนำซึ่งกันและกัน (mutual inductance) ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น (ถูกเหนี่ยวนำ) ในวงจรอื่น ตัวนำไฟฟ้าของวงจรอื่นนี้สามารถที่จะแยกจากกันทางฟิสิกส์ แต่มีการควบประสาน (coupled) ทางแม่เหล็กกับวงจรที่มี กระแสเหนี่ยวนำไหลอยู่ (สุพจน์, 2552)

2.1.1.3 impedance เป็นการวัดความต้านทานที่วงจรไฟฟ้ามีการต่อต้านต่อกระแสเมื่อมีการจ่ายแรงดัน (Oliver Heaviside, 1886) อิมพีแดนซ์จะถูกกำหนดเป็นอัตราส่วนแบบโดเมนความถี่ของแรงดันไฟฟ้าต่อกระแสซึ่งเป็นอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าต่อกระแสสำหรับค่าเอกโปเนนเชียลที่ซับซ้อนเชิงเดี่ยวที่ความถี่เฉพาะ ω โดยทั่วไป อิมพีแดนซ์จะเป็นตัวเลขที่ซับซ้อนตัวหนึ่ง ที่มีหน่วยเดียวกับกับความต้านทาน (Alexander and Matthew , 2006)

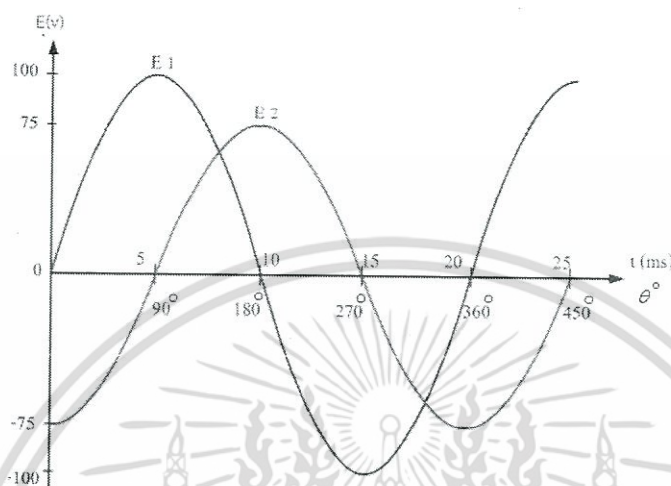
2.1.1.4 resistance หรือ ความต้านทานไฟฟ้า ของตัวนำไฟฟ้า เป็นตัวชี้วัดของความยากลำบากในการที่จะผ่าน กระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวนำนั้น ปริมาณที่ตรงกันข้ามคือ การนำไฟฟ้า เป็นความสะดวกที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ความต้านทานไฟฟ้าเปรียบเหมือน แรงเสียดทาน ทางเครื่องกล หน่วย SI ของความต้านทานไฟฟ้าจะเป็น โอห์ม สัญลักษณ์ Ω (Harrington, 2001)

2.1.1.5 dissipation factor ในทางฟิสิกส์ค่า dissipation factor เป็นตัวชี้วัดความผันผวนของอัตรา การสูญเสียพลังงาน ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่า quality factor ที่บอกถึงประสิทธิภาพ (Ramo et al., 1994)

2.1.1.6 quality factor เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่วัดค่าความเหนี่ยวนำ ความต้านทานที่ความถี่สูง นอกจากนี้ยังสามารถใช้วัดตัวเก็บประจุค่าต่างๆ ได้อีกด้วย และยังเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราส่วนของพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในวงจรเรโซแนนซ์ต่อพลังงานที่ใช้ไปในวงจรนั้น quality factor จะมีค่าสูงเมื่อวงจรนั้นมีความสูญเสียพลังงานน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.7 phase angle เฟส (Phase) คือ ความแตกต่างกันของเวลาหรือมุมที่เกิดสัญญาณไฟฟ้า กระแสลับขึ้นมามากกว่าหนึ่งสัญญาณ เรียกมุมที่แตกต่างกันว่ามุมเฟส (phase angle) ลักษณะสัญญาณที่ต่างเฟสกัน แสดงดังรูป



ภาพที่ 2.1 แสดงมุมเฟส(Phase Angle)

ที่มา: อติศร (2555)

เป็นคลื่นไซน์ 2 สัญญาณมีเฟสต่างกัน 90° แสดงค่าไว้ในรูปของ E1 และ E2 แรงดันทั้งสองมีความถี่ 50 Hz แรงดัน E1 มีระดับแรงดัน 100V เกิดขึ้นที่เฟสปกติ 0° หรือเวลา 0 ms แรงดัน E2 มีระดับแรงดัน 75V เกิดขึ้นช้ากว่าแรงดัน E1 เป็น มุม 90° หรือเวลาต่างกัน 5 ms ระดับแรงดันของ E1 และ E2 มีค่าแรงดันสูงสุดในเวลาที่แตกต่างกันอยู่ 5 ms เสมอ การพิจารณาเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสลับ ต้องพิจารณาจากปริมาณไฟฟ้าที่มีความถี่เดียวกัน จึงสามารถเปรียบเทียบเฟสกันได้ ถ้าหากมีความถี่ไม่เท่ากัน มีชื่อเรียกเฟสในลักษณะต่าง ๆ แตกต่างกันไป ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฟฟ้าที่เปรียบเทียบกับเฟสที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ถ้าหากเป็นเฟสนำหน้า (leading phase) จะถูกแทนด้วยเครื่องหมายบวก (+) และถ้าหากเป็นเฟสล่าหลัง (lagging phase) จะถูกแทนด้วยเครื่องหมายลบ (-) (อติศร, 2555)

2.1.2 ตัวแปรอื่นๆ

2.1.2.1 titratable acidity คือการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร โดยการไทเทรต ด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) เช่น น้ำผลไม้ น้่านม โยเกิร์ต ซึ่งกรดในอาหารมีความสัมพันธ์กับรสเปรี้ยว (sour) ของอาหาร กรดในอาหารอาจประกอบด้วยกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดแล็กติก (lactic acid) กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) (พิมพ์เพ็ญ, 2555)

2.1.2.2 total soluble solid หรือ ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดใช้บ่งชี้ความเข้มข้นของอาหารเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำผลไม้เข้มข้น ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำคั้นจาก ผัก ผลไม้ เป็นผลรวมของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ได้แก่ น้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดแล็กติก และแร่ธาตุต่างๆ สามารถใช้ เป็นดัชนีวัดความแก่อ่อน (maturity index) ของผักผลไม้ การวัดค่า total soluble solid ในน้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น อนุโลมให้ใช้การวัดค่าด้วย refractometer มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตรหากเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายน้ำตาลหรือน้ำเชื่อม มีหน่วยเป็น องศาบริกซ์ ($^{\circ}$ Brix) หรือเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก (พิมพ์เพ็ญ, 2555)

2.1.2.3 moisture content เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร การวัดความชื้นโดยตรง (direct method) เป็นการวัดปริมาณที่มีอยู่ในอาหารโดยตรง สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การแยกเอาน้ำออกด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การอบแห้งทำให้น้ำระเหยออกไป การกลั่นแยกเอาน้ำออกจากอาหาร หรือการใช้วิธีการทางเคมี โดยการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับน้ำ เป็นต้น วิธีการวัดโดยตรงเป็นการวัดที่ทำลายตัวอย่าง แต่ละวิธีจะมีความถูกต้องแตกต่างกัน วิธีที่มีการยอมรับกันทั่วไปว่ามีความถูกต้องแม่นยำสูง จะนิยมใช้เป็นค่าความชื้นมาตรฐานเพื่อใช้ปรับเทียบค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีการอื่นๆ ก่อนนำค่าที่ได้ไปใช้ประโยชน์ (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2553)

2.1.2.4 texture analysis เป็นวิธีทดสอบเพื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของวัสดุ เป็นการให้แรงกด (compression test) ลงบนตัวอย่างอาหาร เป็นการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร การทดสอบด้วยวิธี texture profile analysis ประยุกต์ใช้วัดเนื้อสัมผัสของอาหารหลายชนิดอาหารที่อยู่ในสภาวะที่พร้อมรับประทาน ได้แก่ เนื้อสัตว์ (meat) และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น แยม ไส้กรอก เนยแข็งฝัก ผลไม้ เต้าหู้ เยลลี่ เพราะคุณภาพที่ได้สัมพันธ์กับการทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2549) ในการกดแต่ละครั้งจะได้กราฟแรงและการเปลี่ยนรูป (force-deformation curve) คำนวณค่าความแน่นเนื้อจากค่าความลาดชันของกราฟแรงและการเปลี่ยนรูป ที่ 30% ของแรงกดสูงสุด (ใจทิพย์, 2553)

2.1.2.5 % recovery คือการวัดผลผลิตภาพกระบวนการด้วยอัตราการผลิตของเสียจึงแสดงด้วยอัตราผลิตผลดี (โกศล, 2551)

2.1.2.6 geometric mean diameter (GMD) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter) เฉลี่ยที่ใช้บอกขนาด (size) ของวัสดุที่มีรูปร่างไม่เป็นทรงกลม แต่คล้ายหรือใกล้เคียงทรงกลม เช่น ผลไม้ เมล็ดธัญพืช และถั่วเมล็ดแห้ง

2.1.2.7 chroma คือ ค่าที่แสดงความบริสุทธิ์ของสี (purity) สีที่บริสุทธิ์มากที่สุดคือ สีที่ไม่มีแสงสีเทาผสมเลย กล่าวคือจะอยู่ในช่วงระหว่างกลางของค่าความสว่างและความเข้มของแสง ซึ่งได้แก่สีหลัก (Hue) ในระบบสี $L^*a^*b^*$ นี้ ค่า L^* จะหมายถึงความสว่าง ส่วน a^* และ b^* จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ ค่า a^* และ b^* จะบอกทิศทางของสี เช่น $+a^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีแดง $-a^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีเขียว, $+b^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีเหลือง และ $-b^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีเหลือง (Achromatic) เมื่อค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้นและจุดตั้งกล่าวเคลื่อนที่ออกจากศูนย์กลางความอิ่มตัวของสีก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นค่าสีต่างๆ ของปริภูมิสี $L^*a^*b^*$ อย่างชัดเจน

2.1.2.8 density คือ ความหนาแน่น เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง (เช่น เหล็ก) จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ (เช่น น้ำ) ที่มีมวลเท่ากัน หน่วยเอสไอของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

2.1.3 ค่าทางสถิติ

2.1.3.1 standard error of prediction (SEP) แสดงสมรรถนะของการทำนาย SEP เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายโดยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีและค่าจากการวัดด้วยวิธีอ้างอิง ซึ่งไม่เหมือนกับ RMSEP (Root mean square of the prediction) ซึ่งจะอธิบายต่อไปโดย SEP ไม่เกี่ยวข้องกับ Bias ค่า SEP คำนวณจากผลการทำนายของชุดตัวอย่างที่ไม่ได้ถูกใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ชุดตัวอย่างนี้เรียกว่า ชุดทำนาย (prediction set) (วิลเลียม, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 standard error of calibration (SEC) คือ ค่า SD ของความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนาย โดยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีและค่าจากการวัดด้วยวิธีอ้างอิงในชุดตัวอย่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง (Calibration set) ถ้าใช้ MLR จะพบว่า R และ SEC จะดีขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนตัวแปรต้นมากขึ้น สิ่งนี้เรียกว่า over-fitting ของข้อมูล ตามหลักค่า SEP ควรจะสูงกว่า SEC เสมอ (วิลเลียม., 2007)

2.1.3.3 root mean square of the prediction หรือ (RMSEP) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของแบบจำลอง การคำนวณค่า RMSEP ได้รวมค่า Bias ไว้ด้วย ถ้าไม่มีค่า bias ค่า SEP และ RMSEP จะมีค่าเท่ากัน มีการใช้ RMSEP มากกว่า SEP แต่การรายงานผลโดยใช้ SEP กับ Bias แสดงถึงความแม่นยำของการทำนายได้ดี เนื่องจาก RMSEP เกี่ยวข้องกับ Bias แต่ไม่ได้แสดงขนาดและเครื่องหมาย (Williams, 2007)

2.1.3.4 root mean square error of cross validation (RMSEC) ใช้สำหรับการประเมินความถูกต้องเฉลี่ยในการทำนายของแบบจำลองเคโมเมทริกซ์ ซึ่งถ้าค่าความผิดพลาด (error) น้อย แสดงว่าแบบจำลองนั้นมีคุณภาพดี (ปานมนัส และประสันต์, 2555)

2.1.3.5 R^2 ถือเป็นค่าที่นำมาใช้วัดว่าตัวแบบสมการเชิงเส้นที่ได้มานั้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ แต่อย่างไรก็ตาม การมองเฉพาะค่า R^2 อย่างเดียวอาจไม่สามารถตอบได้ว่าตัวแบบสมการนั้นเหมาะสมหรือไม่ แต่ต้องมีการพิจารณาค่า R^2 ร่วมกับการวิเคราะห์แผนภาพเศษเหลือ และตัวสถิติอื่นๆ (สุวดี และชลทิชา, 2557)

2.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1.3.6 multiple linear regression (MLR) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือปัจจัยที่แทนด้วยตัวแปรตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ ทิศทางความสัมพันธ์ และลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยค่าที่ทราบจากตัวแปรหนึ่ง แล้วนำไปพยากรณ์ค่าของอีกตัวแปรหนึ่ง ว่ามีความแปรผันในสัดส่วนเท่าใดหรือในระดับใด

2.1.4.1 เครื่องวัด LCR 800 หรือ LCR meters และ impedance meters วัดค่าความเหนี่ยวนำ (L), ความเก็บประจุ (C) และความต้านทานหรือ impedance (R) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการ วัดค่า LCR จะถูกสร้างให้เป็นเครื่องมือสากลและมีหลายฟังก์ชันการใช้งาน สามารถวัดค่าได้อัตโนมัติของ L , C และ R รวมทั้งตัวแปรอื่น ๆ เช่น คุณภาพ และ dissipation factors ชนิดของเครื่องมือ , การกำหนดการวัด , สัญญาณทดสอบหรือลักษณะของแหล่งกำเนิด และการวัดอื่น ๆ เป็นตัวแปรสำคัญต่อการพิจารณา LCR meters และ impedance meters ข้อกำหนดเพิ่มเติมซึ่งมีความสำคัญต่อการพิจารณา LCR meters รวมทั้ง option ต่อผู้ใช้งาน , จอแสดงผล , output , คุณลักษณะและฟังก์ชันการทำงานทั่วไป และตัวแปรทางสภาวะแวดล้อม การทดสอบสัญญาณหรือคุณลักษณะแหล่งกำเนิด สำคัญต่อการพิจารณาเมื่อการกำหนด KCR meters และ impedance meters รวมความคลาดเคลื่อนพื้นฐาน, ตัวเลขของหน่วยที่แสดง, จำนวนของขั้นตอน, การทดสอบสัญญาณและย่านความถี่ และเวลาการตอบสนอง ค่าความคลาดเคลื่อนพื้นฐานคือ ค่าทั่วไปที่ 1 kHz ตัวเลข ของหน่วยที่แสดงอ้างอิงถึงตัวเลขของหน่วยที่อ่านออกมา จำนวนขั้นตอนในการวัดมีความสำคัญต่อการพิจารณา ย่านสัญญาณความถี่ที่ทดสอบ คือ ย่านความถี่ซึ่งเครื่องมือ ทางาน เวลาตอบสนอง คือ ค่าเวลาที่ใช้ไปสำหรับ LCR meters และ impedance meters ในการวัดและแสดงค่าที่วัด

L C R ย่อมาจาก

L - Inductance วัดตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า

C - Capacitance วัดตัวเก็บประจุ

R - Resistance วัดตัวต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2 refractometer เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น องศาบริกซ์ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก) (พิมพ์เพ็ญ, 2555)

2.1.4.3 เครื่องวัดสี Minolta, CR 300 เป็นชุดวัดความเข้มของสี การวัดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการวัดสะท้อนให้เห็นถึงสีที่แตกต่างกันและสีในช่วงกว้าง มีจอแสดงผลแสงกลับสำหรับตัวเลขหรือกราฟแสดงผลของข้อมูลการวัดมีข้อมูลหน่วยความจำสามารถเก็บได้ถึง 100 เป้าหมายสี

2.1.5

สับปะรด

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี (Bartholomew and Kadzimin, 1976) จัดอยู่ในวงศ์ (family) Bromeliaceae มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา (จินดารัฐ, 2541) ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่ง ในประเทศไทย มีช่อดอกที่ส่วนยอดของลำต้น ซึ่งเมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ ลำต้น จะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความ เป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ พวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ใน ดิน หรือ เรียกว่าไม้ดิน พวกอาศัยอยู่ ตามคาคบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจาก ต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับและพวกที่ เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน ส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็น ไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือ สามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมี เซลล์ พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้ ในการปลูกนั้น สับปะรดต้องการอากาศค่อนข้าง ร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23.9-29.4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ใน ช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง สับปะรดขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด ที่ระบายน้ำดี แต่ชอบดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเล และชอบที่ลาดเท เช่น ที่ลาดเชิงเขา สภาพความ เป็นกรด-ด่าง ของดินควรเป็นกรดเล็กน้อย คือ ตั้งแต่ 4.5-5.5 แต่ไม่เกิน 6.0 ในประเทศไทยสามารถปลูกสับปะรดได้ เกือบตลอดปี ยกเว้นช่วงฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน เพราะ จะ เกิดโรคเน่า ควรเตรียมดินให้เสร็จในเดือนธันวาคม และปลูกในเดือนมกราคม-เมษายน ซึ่งมีแสงแดดจ้า และไม่มีฝนชุก แต่ดินยังมีความชุ่มชื้นเพียงพอแก่การเจริญเติบโตในระยะแรกอยู่ การปลูกในฤดูฝนควรฝัง หน่อ ให้เอียง 45 องศา เพื่อป้องกันน้ำขังในยอด ถ้าปลูกในฤดูแล้งฝัง หน่อให้ตั้งตรง หากมีเครื่องมือช่วย ปลูกซึ่ง เป็นเหล็กคล้ายมีดปลายแหลมช่วยเปิดหลุมจะทำให้ สะดวกและรวดเร็วกว่าใช้จอบ เฉลี่ยแล้วผู้ปลูก 1 คน สามารถปลูกได้วันละ 5,000-7,000 หน่อ การปลูกส่วนใหญ่มักปลูกเป็น แถวคู่ฝังหน่อให้ลึก 15-20 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูกแตกต่างกันไป ตาม วัตถุประสงค์ แหล่ง ปลูกสับปะรดที่สำคัญของไทยอยู่ในบริเวณ พื้นที่ที่อยู่ใกล้ทะเลได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา จันทบุรี ตรังและ จังหวัดต่าง ๆ ในภาคใต้ เช่น ภูเก็ต พังงา ชุมพร ซึ่งนิยมปลูกในสวนยาง

ปัจจุบันมีการปลูกสับปะรดใน จังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณริมแม่น้ำโขง และ อีกหลายจังหวัดในภาคเหนือ การปลูกสับปะรดในพื้นที่ที่อยู่ไกลทะเลนี้ จะต้อง คำนึงถึงความชื้นในอากาศ เป็นสำคัญ เพราะจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของ ผลสับปะรด ดังนั้น ควรเลือกปลูกในบริเวณที่ มีความ ชื้นในอากาศสูง เช่น ที่ราบระหว่างภูเขา ที่ลาดเชิงเขา บริเวณใกล้ป่าหรือแหล่งน้ำ (กรมวิชาการ เกษตร, 2545)

2.1.5.1 พันธุ์ที่ปลูกมากในประเทศไทย

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่ง ออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานดังนี้คือ

- พันธุ์ปัตตาเวีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายใน นามสับประรดศรีราชา และชื่ออื่น ๆ เช่น ปราณบุรี, สามร้อยยอด ปลุก กันมากเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และการปลูกกันทั่ว ๆ ไป เพื่อขายผลสด เพราะมีรสหวานฉ่ำมีน้ำมาก ลักษณะ มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลาง ใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสี ม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปร่างต่างกันไป มีน้ำหนักผล อยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อ ดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้าน ล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้นมีไส้ใหญ่เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยน เป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาติดี

- พันธุ์อินทรชิต

เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เก่า แก่ที่สุดในประเทศไทย ปลูกกันกระจัดกระจายทั่วไป แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่จังหวัด ฉะเชิงเทรา ลักษณะ ขอบใบจะมีหนามแหลมร่าง โค้งงอสีน้ำตาลอมแดง ใบสีเขียวอ่อนไม่เป็นมัน ขอบใบทั้ง 2 ข้างมีแถบ สีแดงอมน้ำตาลตามแนวยาว ใต้ใบจะมีสีเขียว ออกขาวและมีวาวออกสีน้ำเงิน กลีบดอกสีม่วงเข้ม ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย รสหวานอ่อน มี ตะเกียงติดอยู่ ที่ก้านผล เปลือกผลเหนียวแน่นทนทาน ต่อการขนส่ง เหมาะสำหรับบริโภคสด

- พันธุ์ขาว

เป็นพันธุ์พื้นเมือง เกษตร นิยมปลูกพันธุ์นี้ร่วมกับพันธุ์อินทรชิต เข้าใจว่าจะกลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต แหล่ง ปลูกที่สำคัญคือ ฉะเชิงเทรา ลักษณะ มีใบสีเขียวอมเหลืองหรือ เขียวใบไม้ ทรงพุ่มเตี้ย ใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิต ขอบใบมีหนามโค้งงอเข้าสู่ปลายใบ โคนกลีบดอก สีม่วงอ่อน ปลายกลีบสีม่วงอมชมพู เนื้อผลสีเหลืองทอง รสหวานอ่อน ผลมักมีหลายลูก คุณภาพของเนื้อไม้ค่อนข้างดี ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม มีลักษณะ เป็นทรงกระบอก มีตาลึก

- พันธุ์ภูเก็จ หรือสวี

ปลูกกันมากในสวนยางจังหวัดภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราช และตราด โดยปลูกระหว่างแถว ยาวรุ่นที่ยัง มีอายุน้อยเพื่อเก็บผลขายก่อนกรีดยาง มีชื่ออื่น ๆ อีกเช่น พันธุ์ชุมพร พันธุ์สวี พันธุ์ ตราดสีทอง ลักษณะ ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงในตอนกลางและ ปลายในขอบใบมีหนามสีแดงแคบและยาวกว่าพันธุ์อินทรชิต และ พันธุ์ขาวกลีบดอก สีม่วงอ่อน ผลมีขนาดเล็กกว่าทุก พันธุ์ที่กล่าวมาตาลึกเปลือกหนา เนื้อหวานกรอบสีเหลืองเข้ม เยื่อใยน้อย มีกลิ่น หอม เหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคใต้

- พันธุ์ นางแลหรือน้ำผึ้ง

ปลูกมากในจังหวัดเชียงราย ลักษณะ คล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ มีรูปร่างของผลทรงกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตาหนา เปลือกบางกว่าและรสหวานจัดกว่าพันธุ์ ปัตตาเวีย ผลแก่มีเนื้อในสีเหลืองเข้ม มีเยื่อใยน้อยเหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยม มากในภาคเหนือ ผลมีเปลือกบางมาก ขนส่งทางไกลไม่ดีนัก แต่โดยส่วนมากแล้วพันธุ์สับประรดที่ปลูกเพื่อส่งโรงงานมีเพียง 1 พันธุ์คือ ปัตตาเวีย

สับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น สับประรดศรีราชา พันธุ์ตาดำ ตาแดง กัลกัตตา หรือสับประรดปราณบุรี สับประรดพันธุ์นี้มีใบเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนเป็นเงามัน ขอบใบเรียกว่าทุกพันธุ์ อาจมีหนามที่ปลายใบ ช่อดอกมีดอกย่อยประมาณ 150 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 2-6 กิโลกรัม ก้านผลสั้น เปลือกผลเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม เหลืองอมเขียวหรือยังคงเขียวเข้ม ตาค่อนข้างดี แกนใหญ่ มีเนื้อละเอียด สีเหลืองรสหวานฉ่ำ ผลที่มีขนาดใหญ่จะเป็นรูปทรงโคนใหญ่ ปลายเรียว แต่ผลขนาดเล็กและขนาดกลาง ส่วนใหญ่จะเป็นทรงกระบอก

2.1.6 การตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรแบบไม่ทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับความหมายของ การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลาย หรือ nondestructive evaluation ซึ่งหมายถึง การตรวจสอบโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายใดๆกับวัตถุที่ถูกตรวจสอบ เมื่อวิธีการดังกล่าวถูกนำมาใช้สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้สด ก็หมายถึงสามารถประเมินคุณภาพทั้งภายนอกและภายในของผลไม้โดยไม่จำเป็นต้องปอกเปลือกออกนั่นเอง (สนธิสุข, 2556) การทดสอบคุณภาพด้วยการไม่ทำลายเป็นเทคนิคที่ใช้ตรวจสอบและวิเคราะห์ความเสียหาย หรือคุณสมบัติภายในวัสดุ ทั้งวัสดุวิศวกรรมและชีววัสดุ ในทางวิศวกรรมได้มีการนำเทคนิคนี้ไปใช้อย่างแพร่หลาย ในเชิงเกษตรกรรมได้นำมาประยุกต์ใช้ทั้งการวิเคราะห์คุณสมบัติภายใน และการตรวจความเสียหายของผลผลิตภายใน ซึ่งไม่อาจมองเห็นได้จากภายนอก เนื่องจากในปัจจุบันนี้ผลผลิตทางการเกษตรมีการส่งออกมากยิ่งขึ้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรโดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจสอบคุณภาพภายในแบบไม่ทำลายขึ้นมาหลายเทคนิค เพื่อทดแทนการใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างผลผลิตมาผ่าตรวจสอบ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่น่ามาใช้กันอย่างแพร่หลายและเทคนิคการตรวจสอบคุณภาพนี้ก็ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่เทคนิคที่ใช้เทคโนโลยีที่ไม่สลับซับซ้อน เช่น การใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ ไปจนถึงเทคนิคที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น เทคนิค Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

non-destructive หรือ เทคนิคการวัดคุณภาพแบบไม่ทำลาย ที่กล่าวถึงนี้จะเรียกโดยรวมว่า ความไม่ต่อเนื่อง (discontinuity) จากความหมายของการตรวจสอบโดยไม่ทำลายนี้ การตรวจสอบโดยใช้สายตา (Visual Inspection) เป็นการตรวจสอบโดยไม่ทำลายที่สะดวก รวดเร็ว และประหยัดที่สุด ดังนั้นหากสามารถตัดสินผลของการตรวจสอบโดยใช้การตรวจสอบโดยใช้สายตาได้แล้ว ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้การตรวจสอบโดยวิธีอื่นอีก แต่อย่างไรก็ตามความไม่ต่อเนื่องอาจเกิดในตำแหน่งหรือขนาดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจสอบโดยไม่ทำลายวิธีต่างๆ ขึ้นมาเพื่อช่วยให้สามารถตรวจสอบความไม่ต่อเนื่องดังกล่าวนี้ได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยที่นำเอาเทคโนโลยีแบบต่างๆมาใช้ ประเมินคุณภาพของผลไม้แบบไม่ทำลาย เช่น Kim et al. (2009) ทำการวัดความแน่นเนื้อของผลแอปเปิ้ลโดยวิเคราะห์จากสัญญาณเสียง (ultrasonic), Jamshidi et al. (2012) ทำการทำนายรสชาติของส้มพันธุ์วาเลนเซียจากสัญญาณแสงช่วงสายตามองเห็นและช่วงใกล้อินฟราเรด (visible and near infrared), Zhang et al. (2012) ทำการประเมินความสุกของมะเขือเทศจากสัญญาณคลื่นแม่เหล็ก (magnetic resonance) เป็นต้น

มีการนำเอาเทคนิคการวิเคราะห์สมการจากตัวแปรหลายๆตัวแปรมาใช้ในการคัดแยกมังคุดเนื้อแก้ว ได้ความแม่นยำในการคัดแยกกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วรวม 78.9% (Teerachaichayut et al., 2008)

มีการนำเอาเทคนิคการวิเคราะห์สมการจากตัวแปรหลายตัวแปรมาใช้ในการคัดแยกระดับความสุกของมะม่วง ได้ความแม่นยำในการคัดแยกกลุ่มมะม่วงตามระดับความสุกรวม 89.0% (Wanitchang, et al., 2011)

มีงานวิจัยหลายงานที่นำเอาคุณสมบัติทางไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตทางการเกษตร ได้แก่ Bhosale et al. (2014) ใช้การวัดความจุไฟฟ้าในการทำนายความแน่นเนื้อของแอปเปิ้ล, Zhu et al. (2012) ทำการศึกษาค่าไดอิเล็กทริกของผลไม้ต่างๆ เช่น แอปเปิ้ล, ลูกแพร์, องุ่น, ส้ม และสับปะรด พบว่าค่าไดอิเล็กทริกลดลงถ้าความถี่ไฟฟ้าสูงขึ้น ณ สภาวะที่อุณหภูมิเท่าๆกัน ค่าไดอิเล็กทริกที่สูงกว่า, Yokochi เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Ohkura (2014) พบว่า ค่าอิมพีแดนซ์มีความสัมพันธ์กับเวลา อุณหภูมิและความชื้นของวัสดุ และได้้นำค่าอิมพีแดนซ์มาใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของชีวะวัสดุต่างๆ, Masut et al. (2010) ใช้เทคนิคการวัดค่าอิมพีแดนซ์ เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายปริมาณน้ำเกลือในหนูสับ พบว่าค่าอิมพีแดนซ์มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำเกลือ และได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำสำหรับการทำนาย โดยพิจารณาจากค่า coefficient of determination (R^2) เท่ากับ 0.934,

Zywica et al. (2003) ได้ศึกษาความเข้มข้นของน้ำแอปเปิ้ล โดยใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเช่น อิมพีแดนซ์, ความต้านทานไฟฟ้า และความนำไฟฟ้า พบว่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันของน้ำแอปเปิ้ลจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหล่านี้แตกต่างกัน, Ando et al. (2014) ได้ศึกษาผลกระทบต่อโครงสร้างเนื้อเยื่อของมันฝรั่งจากการทำแห้งโดยใช้อิมพีแดนซ์ พบว่าค่าอิมพีแดนซ์สามารถใช้ประมาณความเสียหายของเนื้อเยื่อได้, Kuson and Terdwongworakul (2013) ได้นำค่าอิมพีแดนซ์มาใช้ในการตรวจสอบความสุกของทุเรียน ได้รับความแม่นยำในการคัดแยก 83.3%, Teerachaichayut, et al (2012) ได้ใช้ค่าความจุไฟฟ้ามาใช้ในการตรวจสอบอาการฟ้ามของผลส้มแบบไม่ทำลาย ได้รับความแม่นยำในการคัดแยก 75.6%, นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่นำเทคนิคการวัดอิมพีแดนซ์ มาใช้ในการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ถั่วที่ใช้ได้และใช้ไม่ได้โดยเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่ว (Repo et al., 2002) มีการนำสัญญาณทางไฟฟ้าต่างๆมาใช้ในการวัดคุณลักษณะและคุณภาพของพืช (Ruiz-Altisent et al., 2010)

มีงานวิจัยที่นำเอาสเปกโทรสโกปีอเล็กทริกเป็นพลังงานที่มีศักยภาพเป็นเทคนิคการวัดแบบไม่ทำลายความเข้มข้นของน้ำตาลในอ้อย สำหรับการวัดแบบไม่ทำลายหาความเข้มข้นของน้ำตาลเป็น Brix (ร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำ) หรือ %Pol (ซูโครสเปอร์เซ็นต์) จากทั้งต้นอ้อยในไร่หรือตัวอย่างอ้อยก้าน / ปล้องในห้องปฏิบัติการ การศึกษาครั้งนี้มุ่งเป้าไปที่การตรวจสอบศักยภาพค่าของไดอิเล็กทริก พลังงานสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคง่ายๆเพื่อวัตถุประสงค์นี้ แผ่นตัวเก็บประจุแบบขนานได้รับการพัฒนาและจัดจำหน่าย มีคลื่นแรงดันไซน์ในช่วงความถี่ 0-10 MHz การใช้ตัวเก็บประจุได้รับการตรวจสอบเป็นฟังก์ชันของความถี่โดยการวิเคราะห์การใช้สเปกตรัม ตัวอย่าง 75 ปล้องจากอ้อย 4 สายพันธุ์ที่ถูกวัดโดยเซ็นเซอร์ทางไดอิเล็กและวิเคราะห์หา Brix และ%Pol ในห้องปฏิบัติการ สมการแบบ MLR ที่ถูกพัฒนาสำหรับการทำนาย Brix และ Pol% เป็นฟังก์ชันของการใช้พลังงานทางไดอิเล็กที่ความถี่ ด้วย $R^2 > 0.99$ และ $RMSE < 0.31$ นอกจากนี้ยังเป็นที่ยอมรับอย่างมากจากสเปกตรัมพลังงานทางไดอิเล็กกับ $RMSE 0.17\%$ สรุปได้ว่า สเปกโทรสโกปีทางไดอิเล็กเป็นพลังงานที่สามารถดำเนินการเป็นเทคนิคที่มีศักยภาพและง่ายสำหรับการวัดแบบไม่ทำลายของ Brix และ Pol% ของน้ำตาลในอ้อย

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการทำนายคุณภาพของผลสับปะรด ได้เคยนักวิจัยที่พยายามนำเอาเทคนิคการวัดระดับเสียงจากการเคาะมาประเมินความสุกของผลสับปะรด (Pathaveerat et al., 2008) และมีการนำเทคนิค near infrared spectroscopy มาใช้วิเคราะห์ปริมาณไนเตรทภายในผลสับปะรด (Srivichien et al., 2015) เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 80-85 น้ำตาลร้อยละ 12-15 กรดร้อยละ 0.6 โปรตีนร้อยละ 0.4 เถ้าร้อยละ 0.5 ไขมันร้อยละ 0.1 ส่วนที่เหลือเป็นเส้นใยและวิตามิน (สโรบลและชัยรัตน์, 2554) ทำให้สับปะรดมีองค์ประกอบที่เป็นสื่อทางไฟฟ้า ประกอบกับยังไม่มีงานวิจัยที่นำค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆของสับปะรดในช่วงความถี่ 12 Hz – 200 KHz ได้แก่ ค่าความจุไฟฟ้า, ค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า, ค่าความต้านทานไฟฟ้า, ค่าอิมพีแดนซ์, ค่าตัวประกอบคุณภาพ, ค่าตัวประกอบการแผ่กระจาย และ ค่ามูมเฟส ซึ่งจะสามารถวัดค่าได้รวดเร็วและจะเป็นระบบมีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงทุนที่ต่ำกว่ามาใช้เพื่อสร้างสมการเพื่อทำนายคุณภาพของสับประรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ฟู
ตัวแปร จึงกล่าวได้ว่าเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจและจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ชื้อมาจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี

3.1.2 สารเคมี

สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 N

น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์

เครื่องวัดสี CR300 ยี่ห้อ Minota รุ่น CR300

ชุดแผงแผ่นเหล็กยึดด้วยสปริง

ไม้บรรทัดขนาด 30 เซนติเมตร

ถังน้ำยูเรก้า

เครื่องวัด Texture ยี่ห้อ Texture Technologies รุ่น Tax2i

เวอร์เนียคาลสลิปเปอร์

บิวเรตขนาด 50 ml

แก้วพลาสติก

ฐานบิวเรต

โถดูดความชื้น

เครื่อง Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-1

เครื่อง Tray Dry

ปิกเกอร์ขนาด 250 ml

เครื่องชั่งสาร ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA3202S-CW

เครื่อง LCR meter รุ่น LCR800

แท่งแก้ว

ผ้าขาวบาง

เครื่องปั่น ยี่ห้อ Moulinex รุ่น Optiblend

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของสับปะรดนั้นจะใช้สับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวีย โดยเลือกระดับสีตั้งแต่สีเขียวจนถึงสีเหลือง จำนวน 93 ลูกจากตลาดไทแบ่งการวัดเป็นการวัดคุณสมบัติภายนอกและคุณสมบัติภายใน

3.3.1 การวิเคราะห์สีโดยเครื่อง CR300

1 กดเปิดปุ่ม on เลือก All data clear เพื่อลบข้อมูลที่ค้างไว้

2 เลือก Calibrate จากนั้นนำเอาหัววัดไปยังที่แผ่นเทียบค่า ทิ้งไว้ให้เครื่อง Calibrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3 กด Color space select เพื่อเลือกการอ่านค่า เทียบค่าให้เท่ากับแผ่นเทียบค่า
- 4 นำหัววัดไปทาบกับบริเวณผิวของวัตถุโดยเลือกวัดทั้งหมด 3 ตำแหน่งโดยเลือกตำแหน่งบน กลาง และล่าง กดให้แนบสนิทไม่ให้มีแสงจากภายนอกเข้าไป แล้วจึงกดปุ่มวัดสี
- 5 กด Color space select เพื่อเลือกค่าที่ต้องการอ่าน และค่าที่ต้องการอ่านจะปรากฏบนหน้าจอเครื่อง
- 6 ค่า Chroma หรือ C* ได้มากจากการวิเคราะห์สีโดยเครื่อง CR300 (คำนวณได้จากสมการ)

$$C^* = \sqrt{(a^*^2) + (b^*^2)}$$



ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่อง Color meter รุ่น CR300

3.3.2 การวัดขนาด

1. การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย การกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ในการวัด ระยะด้านที่ยาวที่สุดหรือความยาว (length, L) ความกว้าง ซึ่งเป็นระยะสูงสุดของด้านที่ตั้งฉากกับความยาว (width, W) และความหนา (thickness, T) ซึ่งระยะสูงสุดที่ตั้งฉากกับ L และ W ซึ่ง L, W และ T ไม่จำเป็นต้องตัดกันที่จุดเดียวกันแล้วนำมาคำนวณ ได้จากสมการ

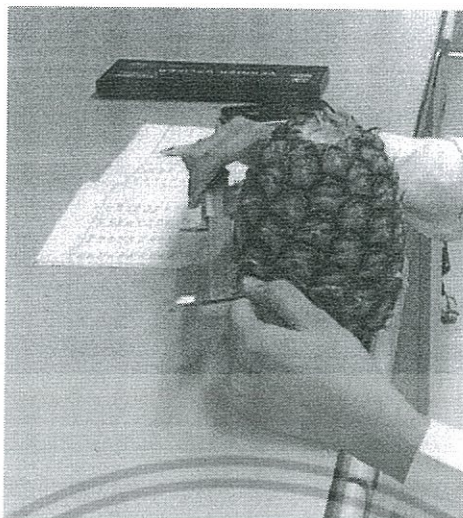
$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต GMD} = (L \times W \times T)^{1/3}$$

โดย L = ความกว้าง (ซม.)

W = ความยาว (ซม.)

T = ความหนา (ซม.)

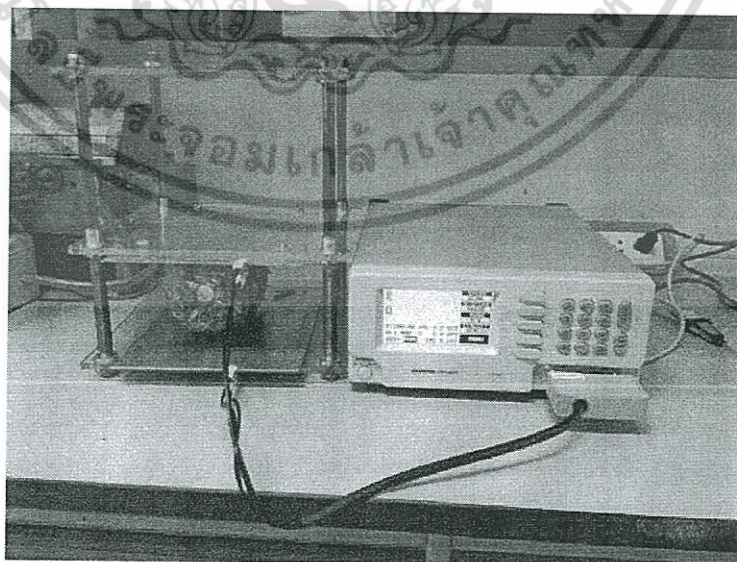
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 เวอร์เนียบาลิเปอร์

3.3.3 การวัดค่าทางไฟฟ้า

- 1 นำสับประรดใส่ชุดแผงเหล็กที่ยึดด้วยสปริง
- 2 นำชุดแผงเหล็กต่อเข้ากับเครื่อง LCR 800
- 3 ต่อเครื่อง LCR 800 เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการติดตั้งโปรแกรมเพื่อสามารถเก็บค่าได้อัตโนมัติ
- 4 ตั้งค่าเครื่องโดยการเลือกค่าความถี่ได้แก่ 0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 KHz และเลือกประเภทค่าทางไฟฟ้าที่ต้องการวัด ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle
- 5 กดบันทึกผลที่วัดได้ทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนความถี่และเปลี่ยนประเภทค่าทางไฟฟ้า



ภาพที่ 3.3 เครื่อง LCR 800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ปริมาตรและความหนาแน่น (วัดตามกฎของอาร์คิมิดีส ที่กล่าวว่า ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมลงในน้ำย่อมเท่ากับน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุ)

1. เติมน้ำลงไปให้เต็มถึงโดยอุดรูทางออกของน้ำ
2. วางบนถั่งน้ำบนพื้นเรียบแล้วปล่อยให้ น้ำไหลออกจนระดับน้ำพอดีกับรูทางออกของน้ำ
3. นำภาชนะมาเตรียมรับน้ำไว้บริเวณรูทางน้ำออก
4. ค่อยๆใส่สับปะรดลงไปจนถึงน้ำพยายามไม่ให้สับปะรดลอยเหนือน้ำ
5. เมื่อใส่สับปะรดแล้ว รอจนกระทั่งน้ำหยุดไหลจากปลายรูทางออก วัดปริมาตรน้ำที่ไหลออก สามารถคำนวณได้จากสมการ (Mohsenin, 1986)

$$\text{Actual volume} = \frac{M}{D}$$

โดย V = ปริมาตรของวัตถุ (cm³)

M = มวลของวัตถุ (kg)

D = ความหนาแน่น (kg/cm³)



ภาพที่ 3.4 วัดปริมาตรและความหนาแน่น

3.3.5 การวัดเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่อง Texture Technology รุ่น Tax2i Texture Analyze

3.3.5.1 ส่วนประกอบ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่กำหนดค่าต่างๆในการวัดและประมวลผลการวัด โดยผ่านโปรแกรม Texture Analyzer
2. คีย์บอร์ดควบคุม Texture Analyzer ทำหน้าที่แสดงข้อมูลระหว่างการทำงานของเครื่อง Texture Analyzer และมีปุ่มลูกศรขึ้นลงสำหรับสั่งให้เครื่อง Texture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analyzer เคลื่อนที่ขึ้นลงตามที่ต้องการ

3. เครื่อง Texture Analyzer ทำหน้าที่วัดตัวอย่างโดยใช้หัววัด (สามารถเปลี่ยนหัววัดได้ตามต้องการ) กระทบกับตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัด มีปุ่มสวิตช์เปิดปิด
4. Stabilizer ทำหน้าที่จ่ายและควบคุมกระแสไฟฟ้าที่เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่อง Texture Analyzer



ภาพที่ 3.5 เครื่อง Texture Technology รุ่น Tax2i Texture Analyze

3.3.5.2 วิธีใช้

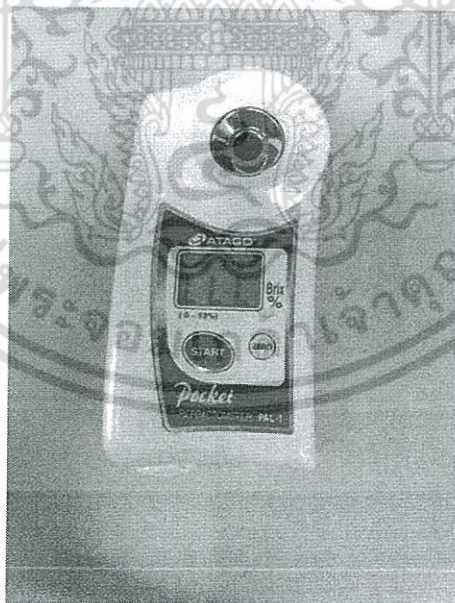
1. เปิดเครื่อง stabilizer กดเปิดสวิตช์ปุ่มสีแดงทุกครั้งก่อน/หลัง เปิดคอมพิวเตอร์
2. กดเปิดสวิตช์ด้านหลังเครื่อง Texture Analyzer
3. เปิดคอมพิวเตอร์และเครื่อง Texture Analyzer
4. เข้าโปรแกรม Texture Expert English
 - 4.1 คลิกที่ user name เลือก Food และกด OK
 - 4.2 มีหน้าต่างย่อยชื่อไฟล์ PROJECT1.PRJ คลิกที่ Restart
 - 4.3 ปรากฏหน้าจอพร้อมใช้งานโปรแกรม Texture Expert
5. คลิกแถบเมนู T.A. เลือก Calibrate Force
 - 5.1 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีหัววัด และตัวอย่างอยู่ที่ฐานของเครื่อง Texture Analyzer และคลิก OK
 - 5.2 รองหน้าจอปรากฏข้อความว่า “ให้วางตุ้มน้ำหนัก 5kg บน T.A.’s Calibration Platform”
 - 5.3 วางตุ้มน้ำหนัก 5kg บน T.A.’s Calibration Platform บนตัวเครื่อง Texture Analyzer และคลิก OK
 - 5.4 รองหน้าจอปรากฏข้อความว่า “Calibrate Successful”
 - 5.5 ยกตุ้มน้ำหนัก 5kg ออก และคลิก OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คลิกแถบเมนู T.A. เลือก Calibrate Probe
 - 6.1 ใส่ Probe และหัววัด เข้ากับเครื่อง Texture Analyzer เครื่องจะเลื่อนลงและ Calibrate Probe อัตโนมัติ
7. วิธีการวัด คลิกที่แถบเมนู T.A. คลิกเลือก T.A. settings
 - 7.1 ปรากฏหน้าจอสำหรับกำหนดตัวแปรเพื่อสั่งงาน ทำการกำหนดตัวแปร (จากการทดลอง กำหนด Per test speed : 5 mm/s, Test speed : 1 mm/s, Post test speed : 5 mm/s, Distant : 10 mm และเลือก Force : Newton) คลิกปุ่ม Update
 - 7.2 วางสับประรดในแนวนอน คลิกแถบเมนู เลือก Run a test
 - 7.3 ทำการวัดซ้ำ 4 ครั้ง โดยเจาะบริเวณกึ่งกลางของผลสับประรดและหมุนแต่ละครั้ง 90 องศา และควรหลีกเลี่ยงบริเวณตาและร่องของสับประรด

3.3.6 ค่าความหวาน (ปริมาณของแข็งที่ละลายในสารละลายได้)

1. ก่อนนำตัวอย่างมาทดสอบโดยเครื่อง Refractometer หยดน้ำกลั่นลงในรูวัดค่าเพื่อ calibrate อุปกรณ์ กดปุ่ม START ค่าที่ได้จะต้องเป็น 0.00 ก่อน แล้วเช็ดออกให้แห้ง
2. หลังจากนั้นจึงหยดน้ำสับประรดที่ได้จากการคั้นและกรองลงไปกด start เพื่ออ่านค่าที่ได้โดยวัดทั้งหมด 3 ครั้ง
3. จดบันทึกทุกครั้ง



ภาพที่ 3.6 เครื่อง Refractometer

3.3.7 ค่าความเป็นกรด

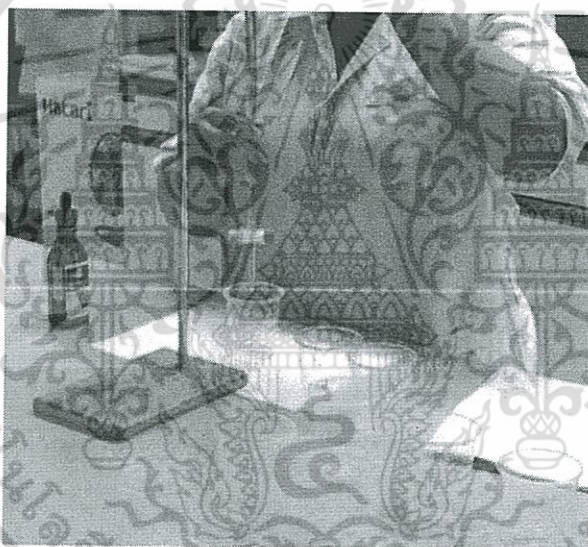
1. บีบน้ำสับประรด 10 มิลลิลิตรใส่แก้วพลาสติกจำนวน 3 ใบ
2. หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสารที่ได้มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 N จนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูอ่อนๆ
4. ทำซ้ำจนครบ 3 ครั้งแล้วหาปริมาณสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้มา คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยสับประตมีปริมาณกรดซิตริกที่มากที่สุด ซึ่งมีค่าสมมูลอยู่ที่ 0.06404 เป็นตัวเทียบเท่ากับสมการนี้ โดยใช้สมการ (สุวิมล และ อติศรา, 2537)

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด} \left(\frac{\text{g}}{100\text{ml}} \right) = \frac{V \times N \times M_w \times 100}{1,000 \times U}$$

- โดย V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ml)
 N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
 M_w = น้ำหนักโมเลกุลของกรดซิตริก = 0.06404
 U = ปริมาตรน้ำสับประต (ml)



ภาพที่ 3.7 วิธีการไทเทรต

3.3.8 moisture content

1. นำเปลือกสับประตทั้งผลและกากที่ได้จากการคั้นแยกใส่ถาด
2. นำเข้าเครื่อง Tray Dry อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 ชั่วโมง
3. นำเปลือกสับประตและกาก ที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งน้ำหนัก เพื่อหา Moisture content โดยใช้สมการ (อภิรักษ์ และคณะ, 2553)

$$M = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

- โดย M = ค่าความชื้น (%)
 W₁ = น้ำหนักก่อนอบ (g)
 W₂ = น้ำหนักหลังอบ (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

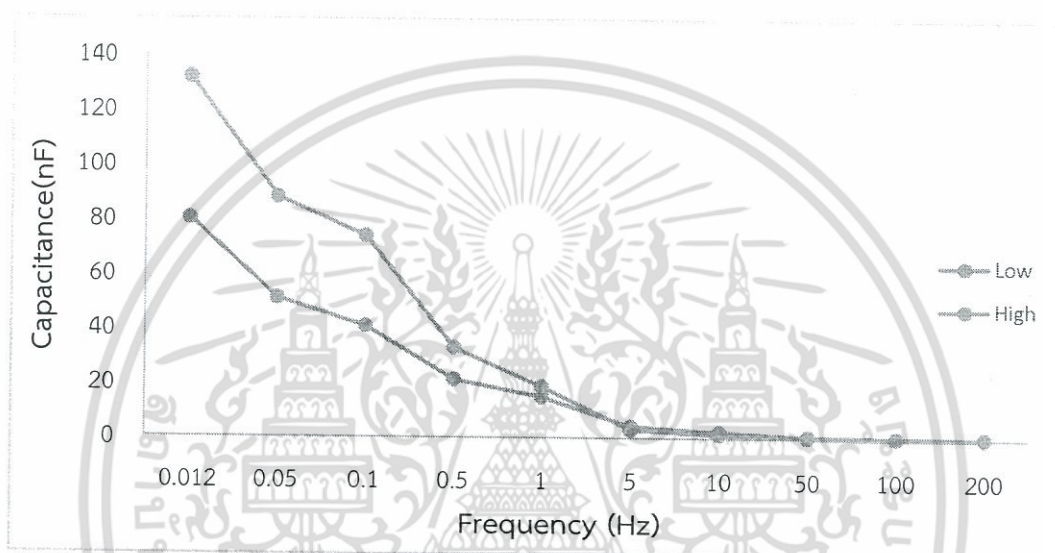
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตอนที่ 4.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าทางไฟฟ้าและตัวแปรต่างๆ

4.1.1 Titratable acidity

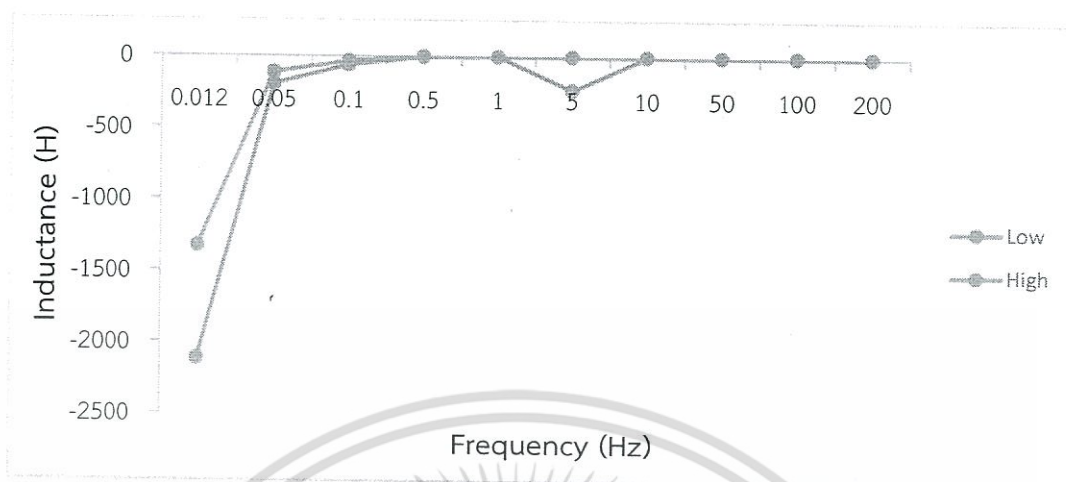
4.1.1.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ capacitance



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี acidity สูงจะมีค่า capacitance ที่สูงกว่า ในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 5 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 5 Hz

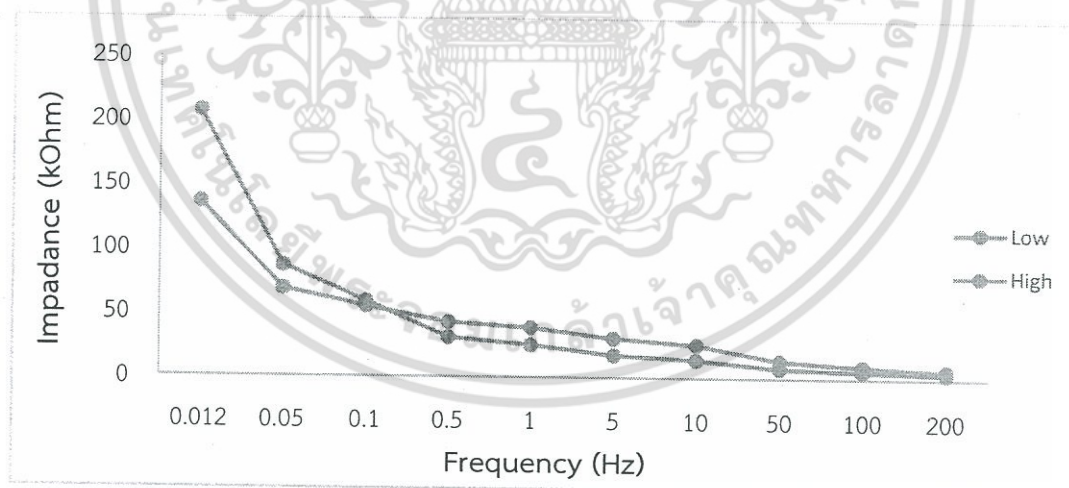
4.1.1.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ inductance



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบค่า inductance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี acidity สูงจะมีค่า inductance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.1 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.1 Hz ยกเว้นที่ความถี่ 5 Hz กลุ่ม acidity ต่ำจะมีค่า inductance ต่ำกว่ากลุ่มสูงเล็กน้อย

4.1.1.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ impedance

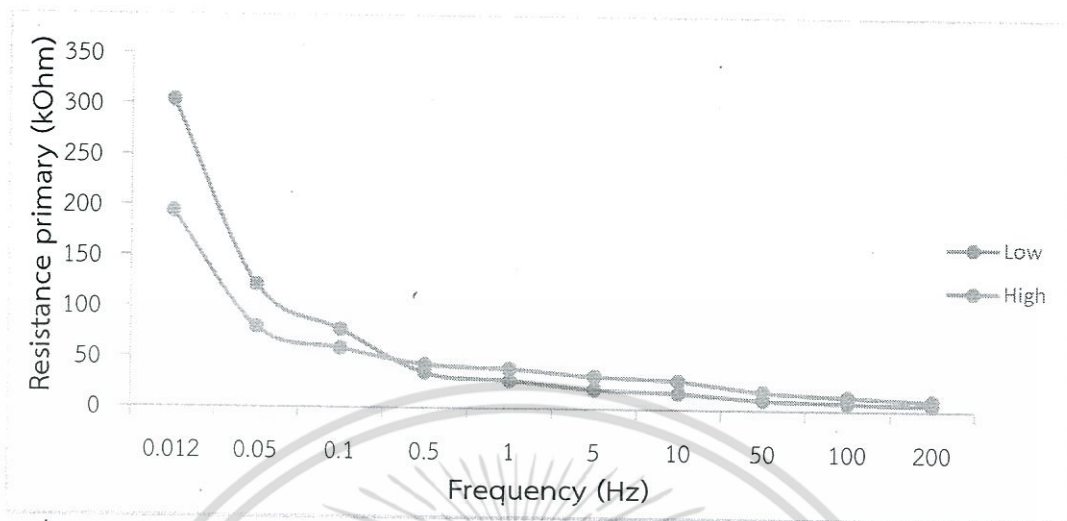


ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี acidity ต่ำจะมีค่า impedance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.1 Hz และกลุ่มสับประรดที่มี acidity สูงจะมีค่า impedance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 0.1 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

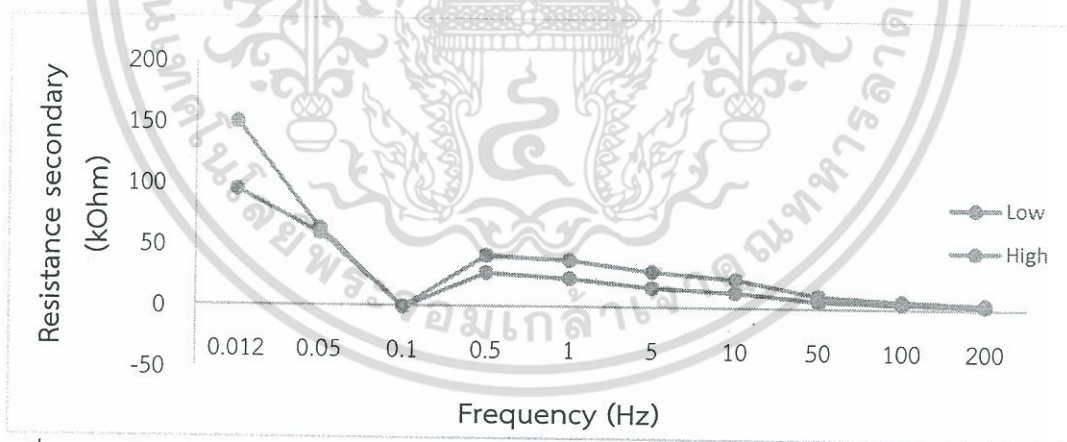
4.1.1.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ resistance primary



ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี acidity ต่ำจะมีค่า resistance primary ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.1 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.1 Hz

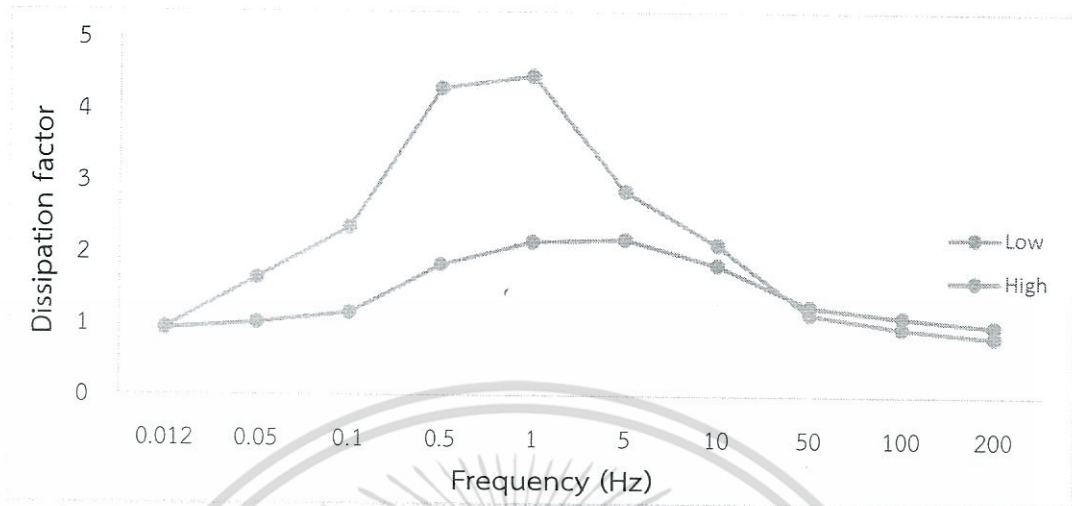
4.1.1.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ resistance secondary



ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี acidity สูงจะมีค่า resistance secondary ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ 0.012 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.012 Hz

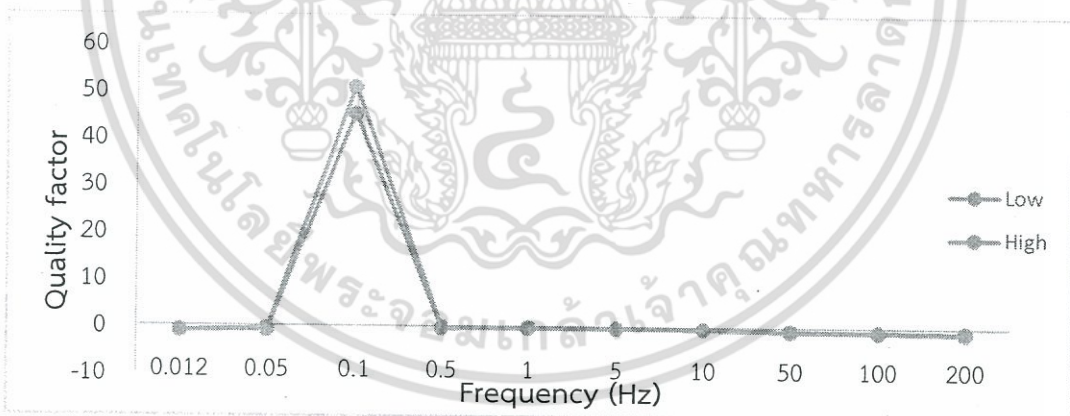
4.1.1.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ dissipation factor



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี acidity สูงจะมีค่า dissipation factor ที่สูงกว่า ในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 50 Hz ยกเว้นที่ความถี่ 0.012 Hz และที่ความถี่สูงกว่า 50 Hz มีค่าใกล้เคียงกัน

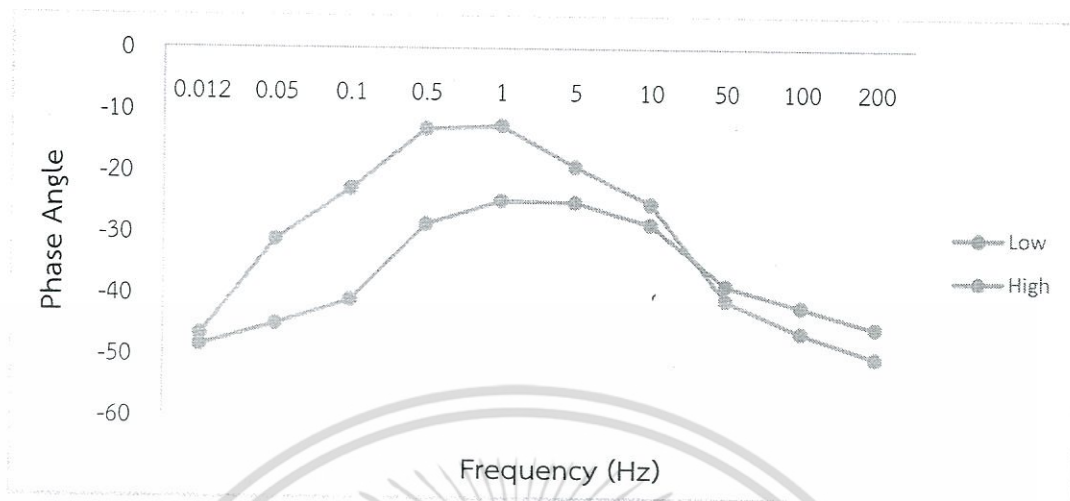
4.1.1.7 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ quality factor



ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี acidity สูงจะมีค่า quality factor ที่สูงกว่า ในช่วงความถี่ที่ 0.1 Hz และที่ความถี่อื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.1.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Acidity กับ phase angle



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี acidity ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับปะรดที่มี acidity ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี acidity สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับปะรดที่มี acidity สูงจะมีค่า phase angle ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 50 Hz และกลุ่มสับปะรดที่มี acidity ต่ำจะมีค่า phase angle ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 50 Hz

4.1.1.9 แสดงความสัมพันธ์ของค่า acidity กับ ค่าทางกายภาพ

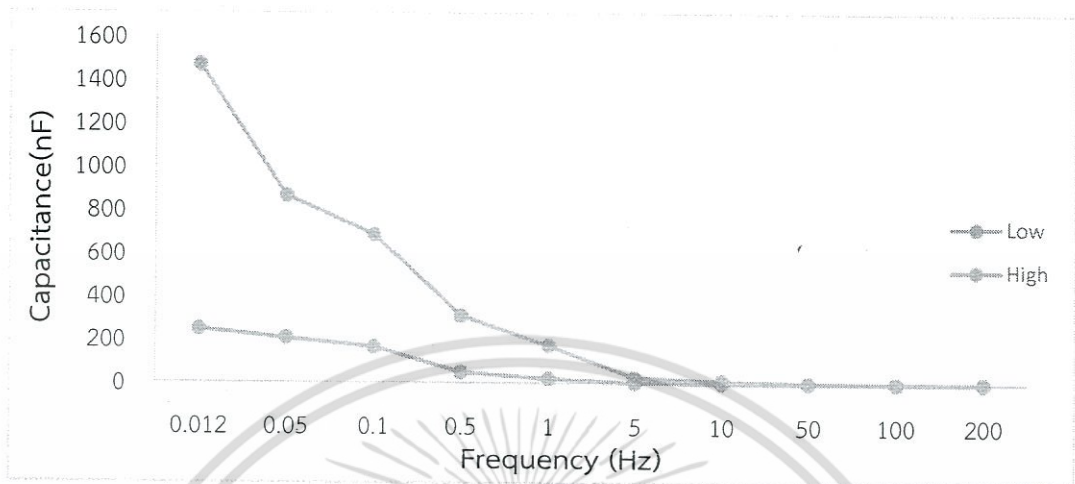
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง

ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วง	น้ำหนัก (kg)	ความหนาแน่น	chroma	GMD
Low	1.10	1.01	24.18	11.39
High	1.25	1.10	19.03	10.96

จากตารางการแบ่งของค่า Acidity มีผลต่อค่า chroma และ ค่าน้ำหนัก ความหนาแน่น GMD มีผลน้อยมากเพราะทุกช่วงมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆค่า

4.1.2 TSS

4.1.2.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่า total soluble solid (TSS) กับ capacitance



ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS สูงจะมีค่า capacitance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 5 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 5 Hz

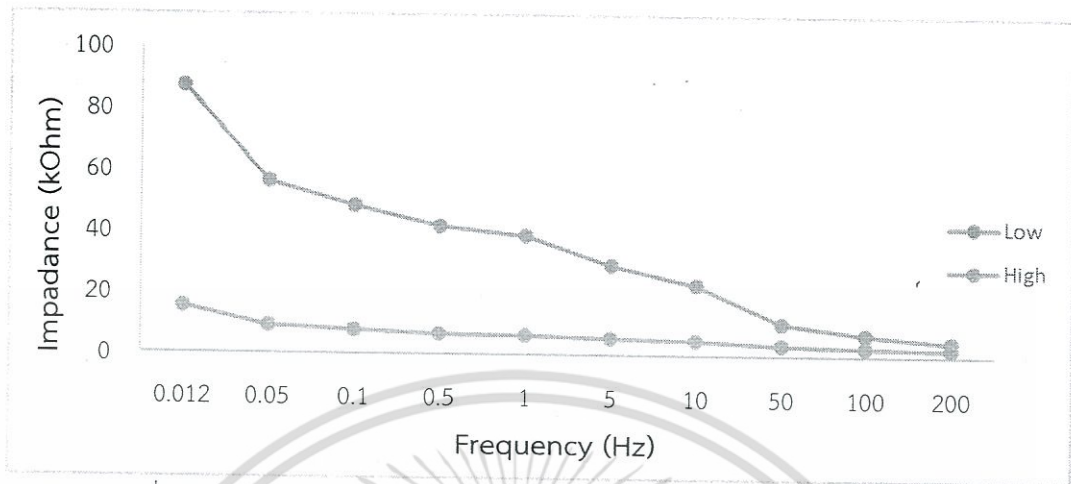
4.1.2.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Total soluble solid (TSS) กับ inductance



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบค่า inductance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS สูงจะมีค่า inductance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.1 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.1 Hz

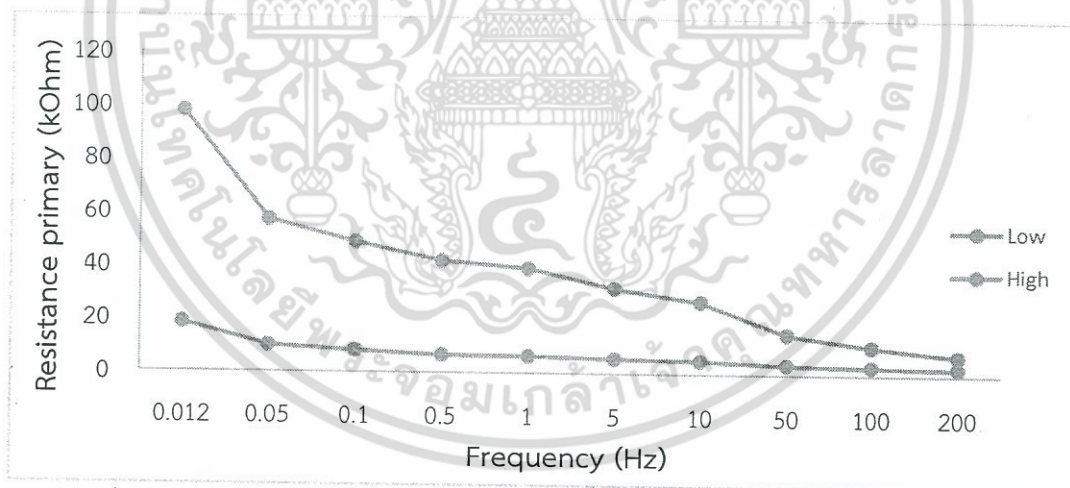
4.1.2.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Total soluble solid (TSS) กับ impedance



ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS ต่ำจะมีค่า impedance ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่

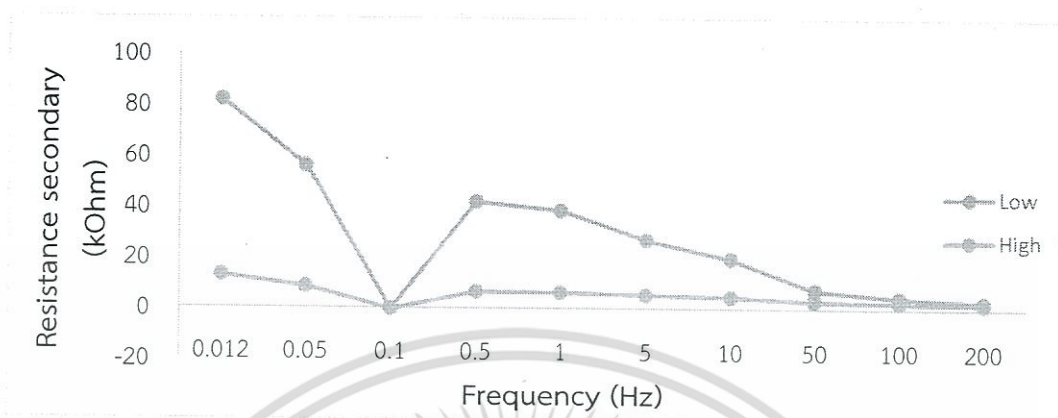
4.1.2.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Total soluble solid (TSS) กับ resistance primary



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS ต่ำจะมีค่า resistance primary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่

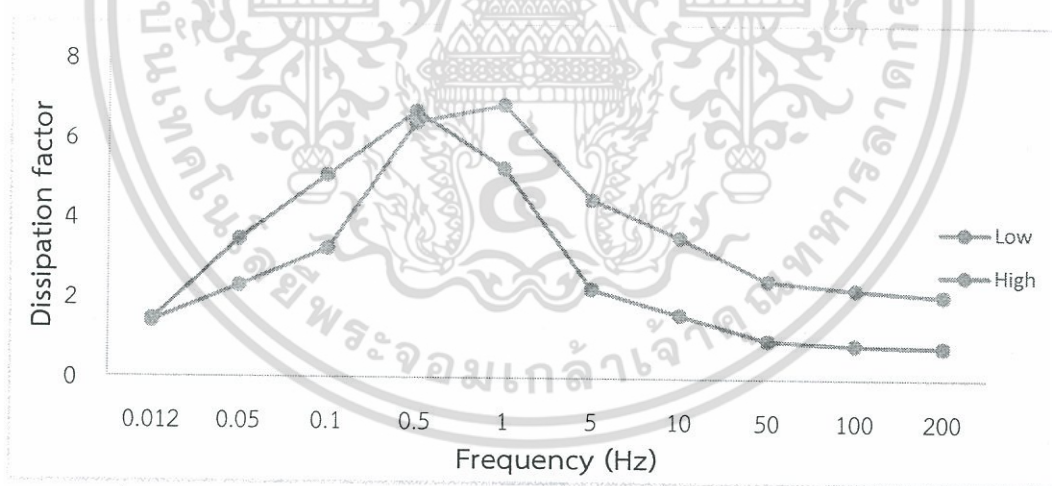
4.1.2.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Total soluble solid (TSS) กับ resistance secondary



ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS ต่ำจะมีค่า resistance secondary ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ ยกเว้นที่ความถี่ 0.1 และ 200 Hz ที่มีค่าใกล้เคียงกัน

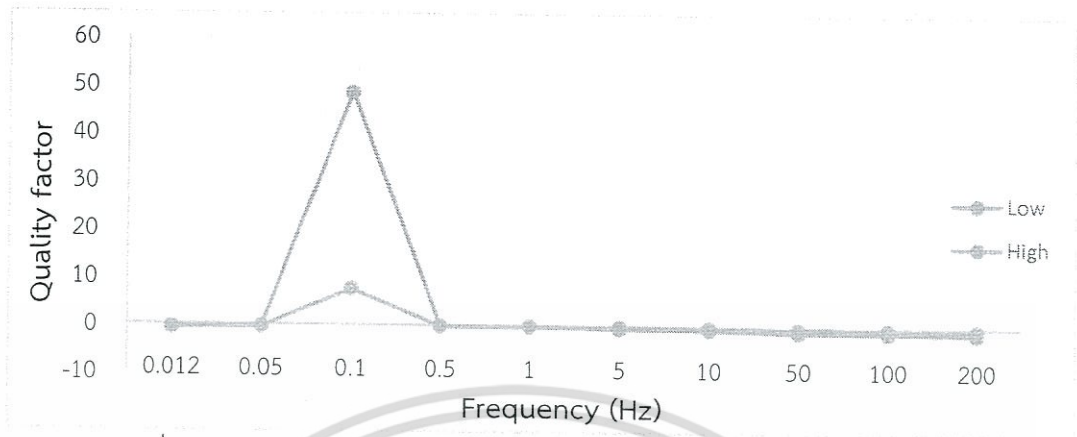
4.1.2.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Total soluble solid (TSS) กับ dissipation factor



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS ต่ำจะมีค่า dissipation factor ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.5 Hz และกลุ่มสับประรดที่มี TSS สูงจะมีค่า dissipation factor ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 0.5 Hz

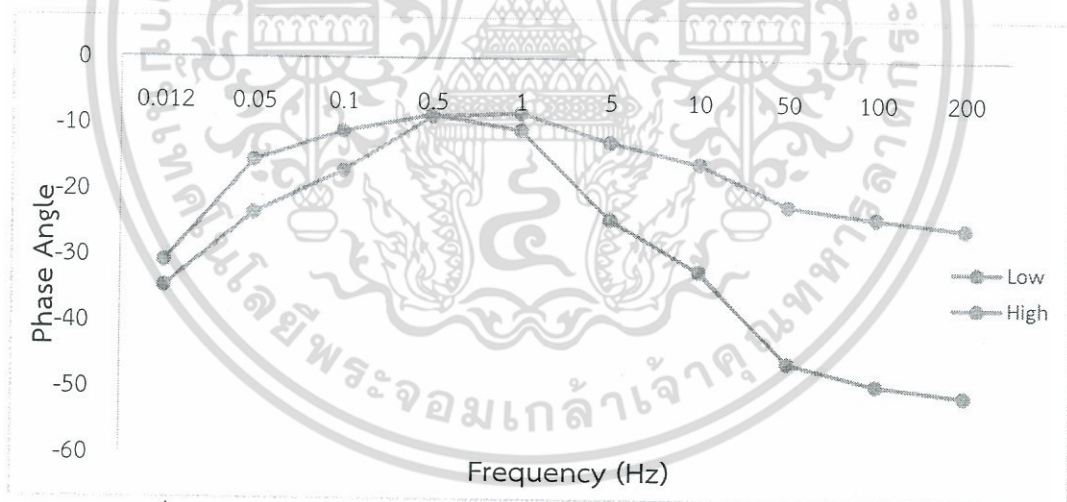
4.1.2.7 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Total soluble solid (TSS) กับ quality factor



ภาพที่ 4.15 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS ต่ำจะมีค่า quality factor ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ 0.1 Hz และที่ความถี่อื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.2.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Total soluble solid (TSS) กับ phase angle



ภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS ต่ำจะมีค่า phase angle ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.5 Hz และกลุ่มสับประรดที่มี TSS สูงจะมีค่า phase angle ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 0.5 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.9 แสดงความสัมพันธ์ของค่า total soluble solid (TSS) กับ ค่าทางกายภาพ

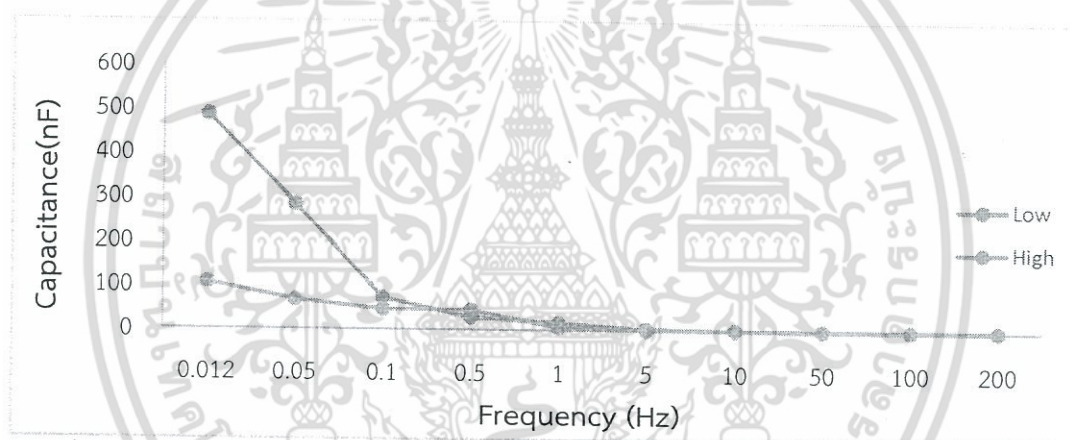
ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง

ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วง	น้ำหนัก (kg)	ความหนาแน่น	chroma	GMD
Low	1.52	0.98	15.25	12.85
High	1.33	0.99	22.81	12.12

จากตารางการแบ่งของค่า total soluble solid (TSS) มีผลต่อค่า chroma และ ค่าน้ำหนัก ความหนาแน่น GMD มีผลน้อยมากเพราะทุกช่วงมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆค่า

4.1.3 อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA

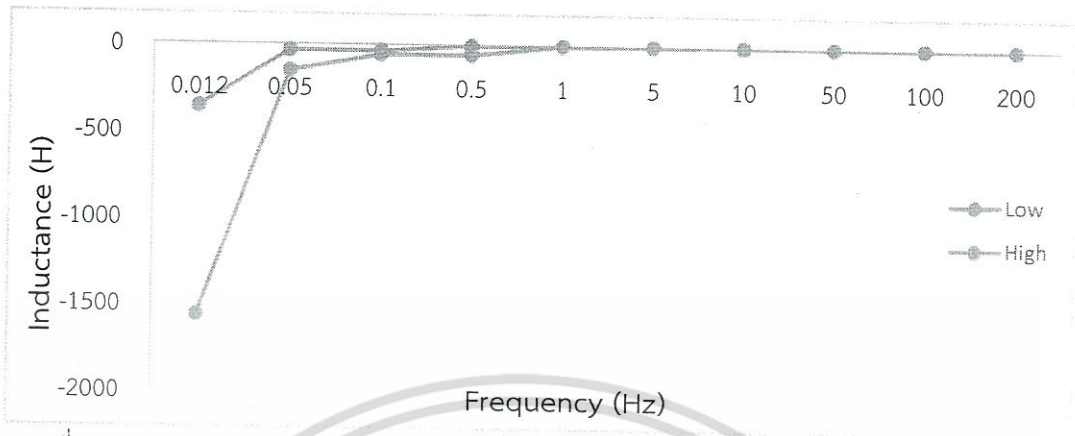
4.1.3.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับ capacitance



ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS/TA ต่ำจะมีค่า capacitance ที่สูงกว่า ในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.1 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.1 Hz

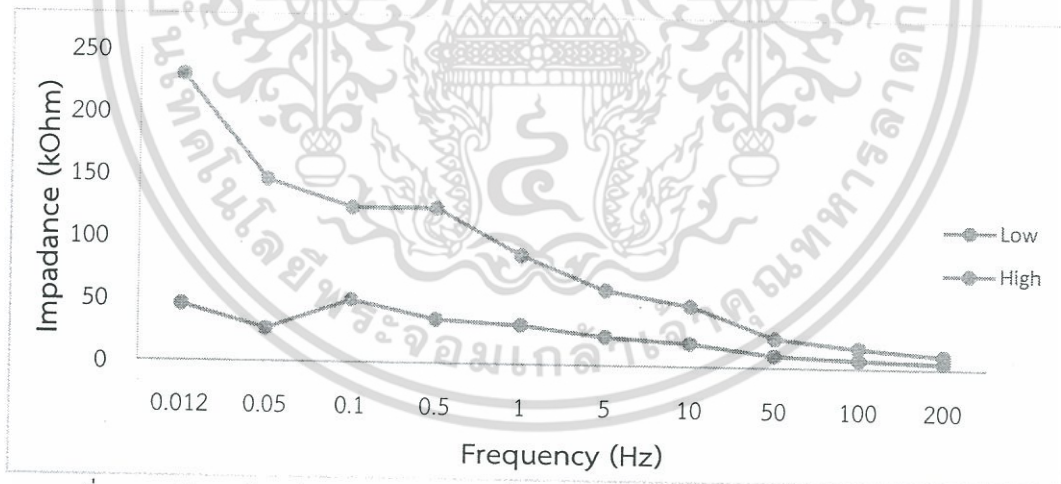
4.1.3.2 แสดงความสัมพันธ์ของ TSS/TA กับ inductance



ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบค่า inductance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS/TA ต่ำจะมีค่า inductance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.05 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.05 Hz

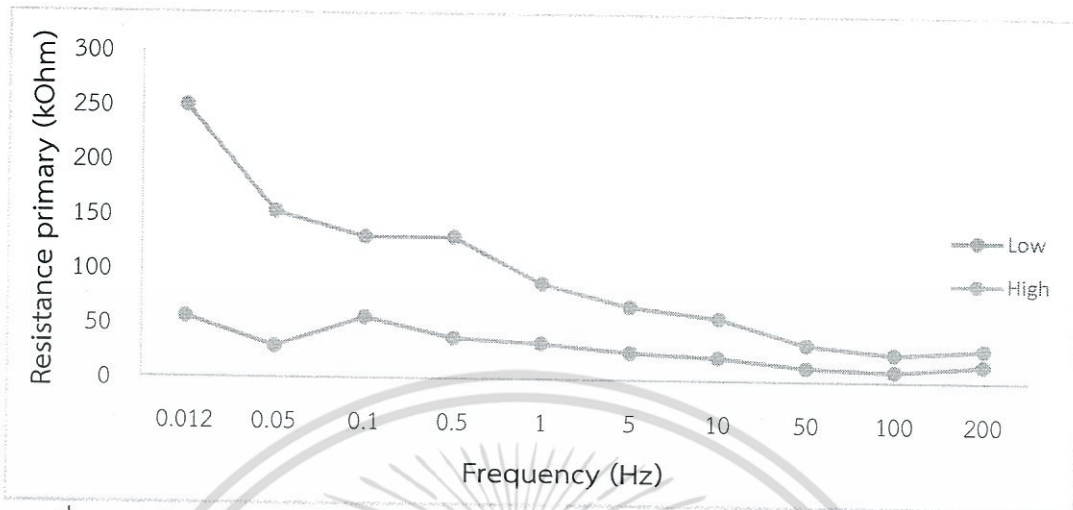
4.1.3.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับ impedance



ภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS/TA สูงจะมีค่า impedance ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่

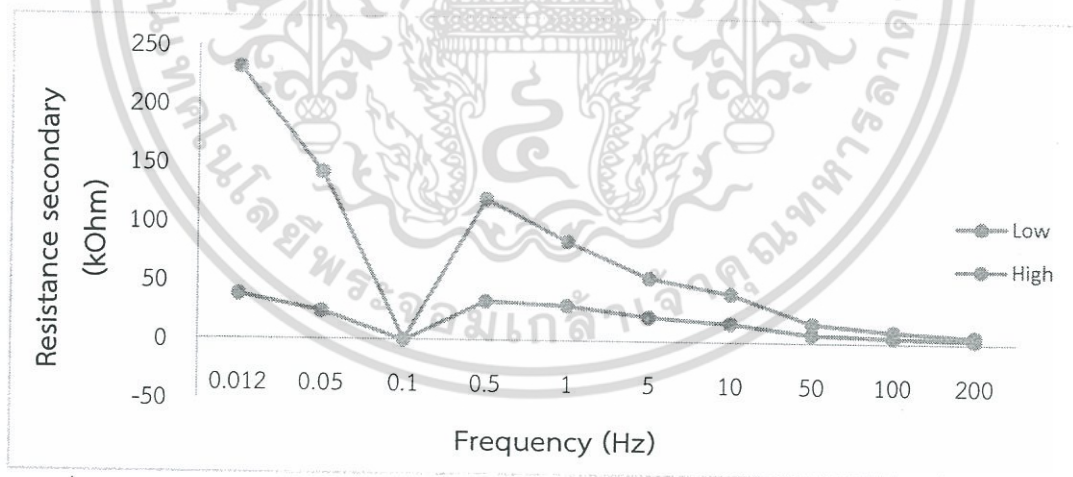
4.1.3.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับ resistance primary



ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS/TA สูงจะมีค่า resistance primary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่

4.1.3.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับ resistance secondary

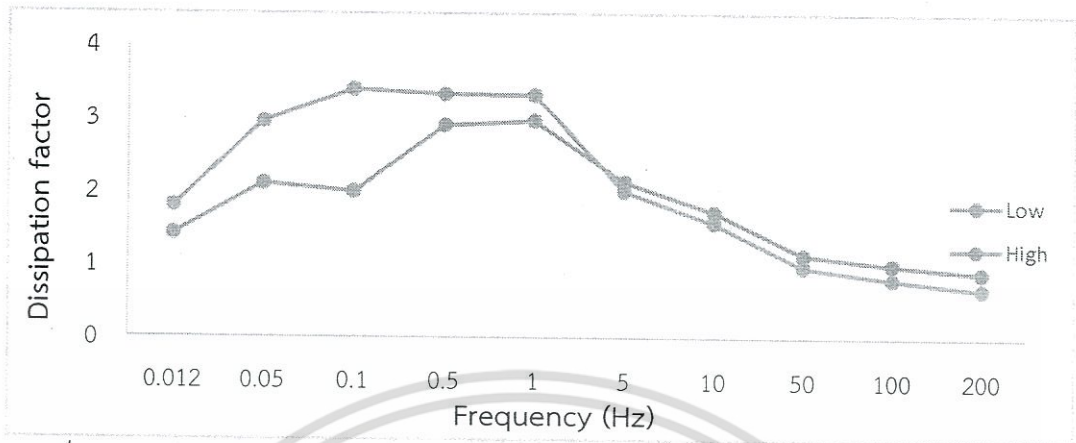


ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS/TA สูงจะมีค่า resistance secondary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่ ยกเว้นที่ความถี่ 0.1 และ 200 Hz ที่มีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

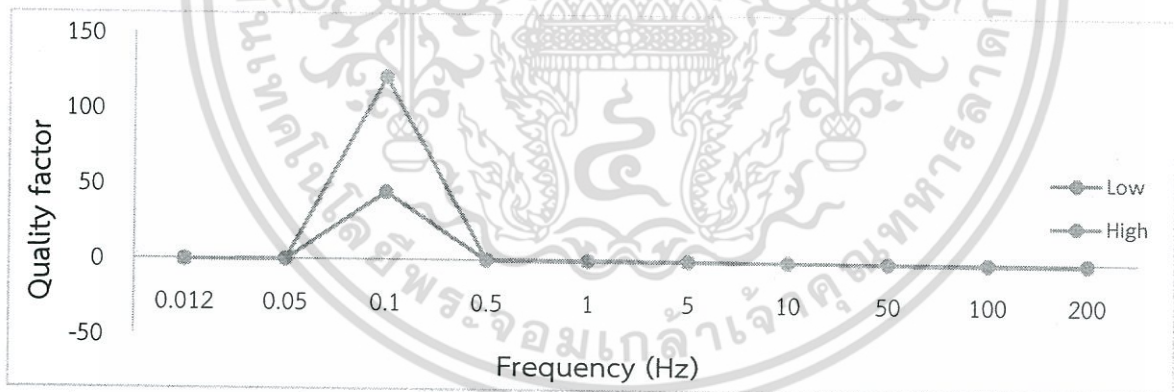
4.1.3.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับ dissipation factor



ภาพที่ 4.22 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประต 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประตที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประตที่มี TSS/TA สูงจะมีค่า dissipation factor ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 5 Hz และกลุ่มสับประตที่มี TSS/TA ต่ำจะมีค่า dissipation factor ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 5 Hz

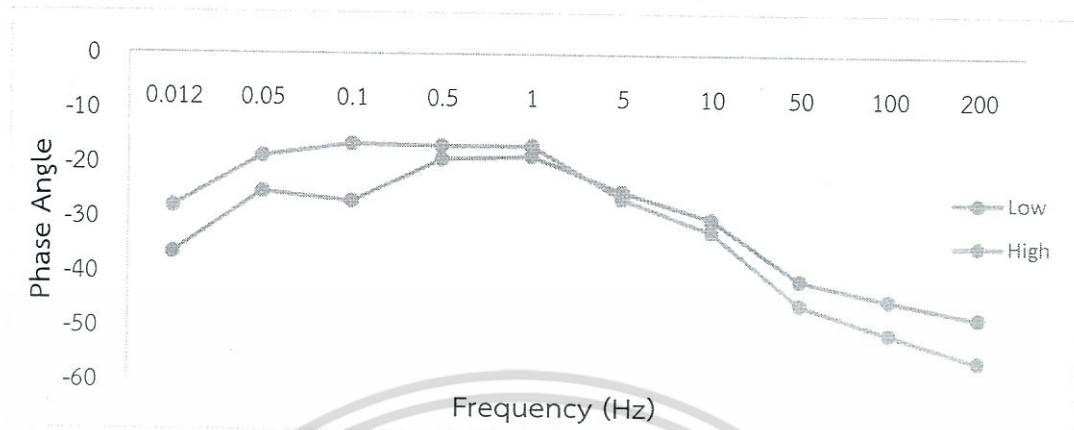
4.1.3.7 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับ quality factor



ภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประต 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประตที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประตที่มี TSS/TA สูงจะมีค่า quality factor ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ 0.1 Hz และที่ความถี่อื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.3.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับ phase angle



ภาพที่ 4.24 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี TSS/TA ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี TSS/TA ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี TSS/TA สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี TSS/TA สูงจะมีค่า phase angle ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 1 Hz และกลุ่มสับประรดที่มี TSS/TA ต่ำจะมีค่า phase angle ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 1 Hz

4.1.3.9 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TSS/TA กับค่าทางกายภาพ

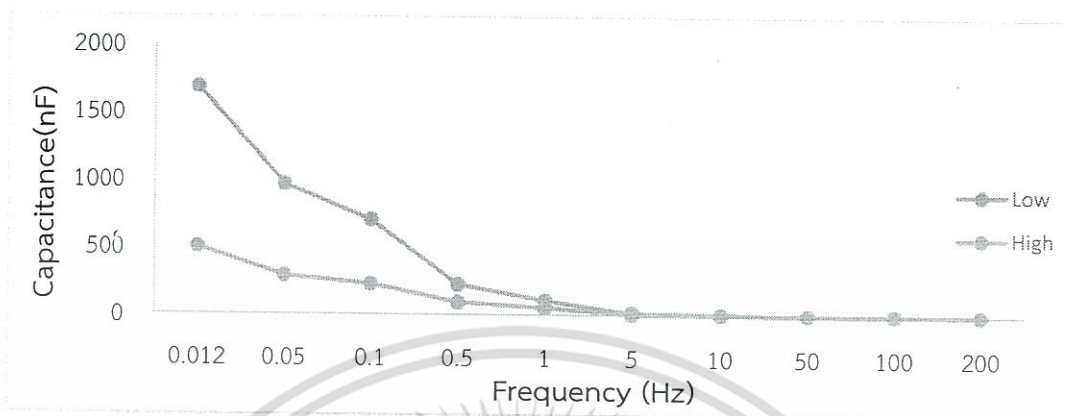
ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง

ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วง	น้ำหนัก (kg)	ความหนาแน่น	chroma	GMD
Low	1.13	1.00	19.92	11.66
High	1.02	0.10	24.64	11.20

จากตาราง พบว่า ทั้งสองให้ค่าน้ำหนัก ความหนาแน่น และค่า GMD ที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่า chroma ที่ช่วงต่ำจะมีค่าที่ต่ำกว่าในช่วงสูง

4.1.4 moisture content

4.1.4.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ capacitance



ภาพที่ 4.25 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี moisture content สูงจะมีค่า capacitance ที่ต่ำกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 5 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 5 Hz

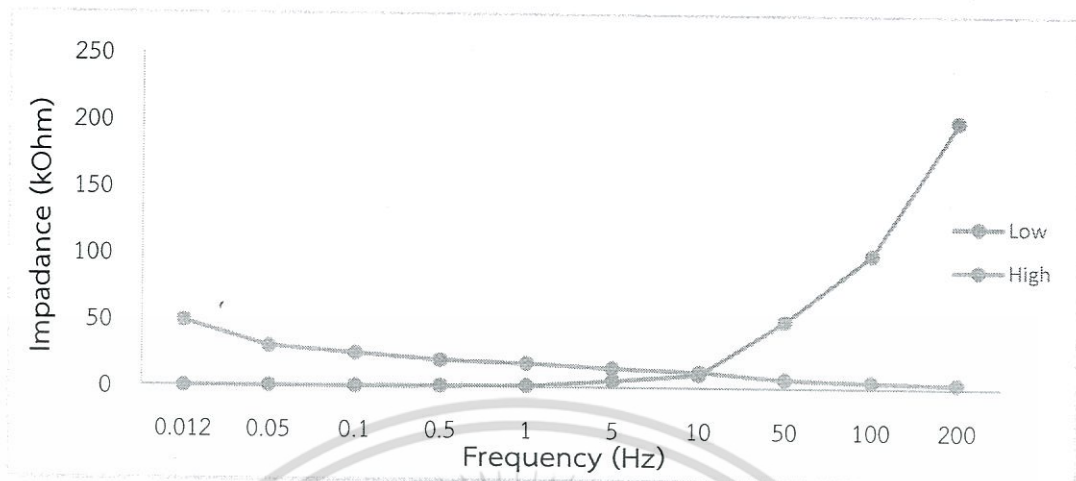
4.1.4.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ inductance



ภาพที่ 4.26 เปรียบเทียบค่า inductance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี Moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี Moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี moisture content สูงจะมีค่า inductance ที่ต่ำกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.5 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.5 Hz

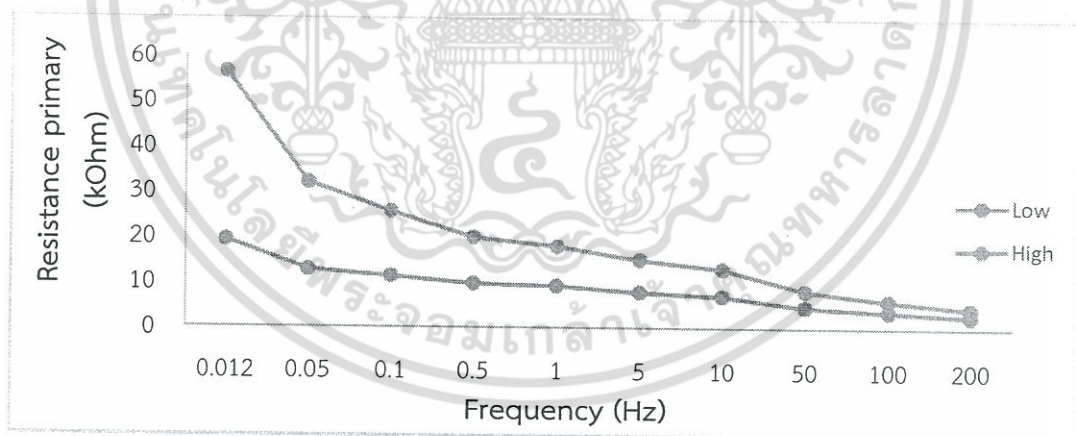
4.1.4.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ impedance



ภาพที่ 4.27 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี moisture content สูงจะมีค่า impedance สูงสุดที่ 50 Hz. และค่าค่อยๆลดลงตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่กลุ่มที่มี moisture content ต่ำจะมีค่า impedance เพิ่มขึ้นที่ความถี่ 10 Hz

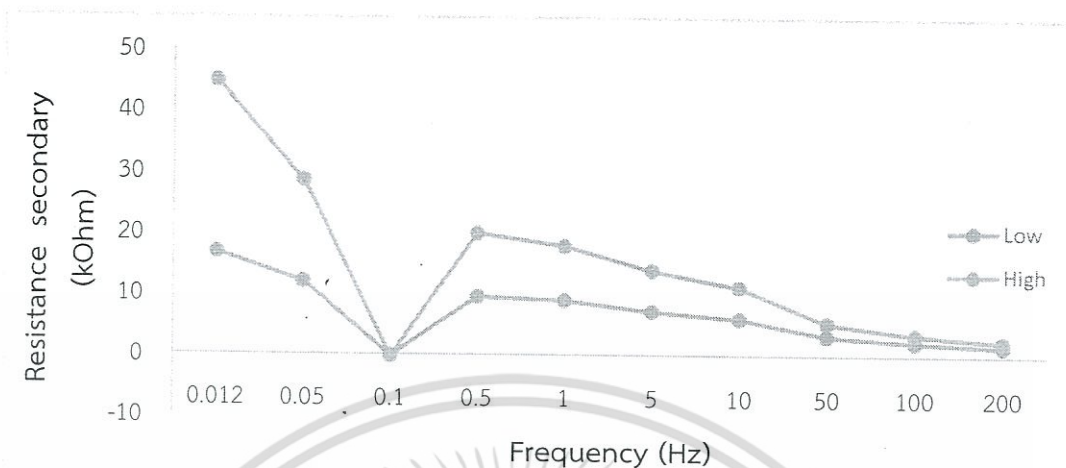
4.1.4.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ resistance primary



ภาพที่ 4.28 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี moisture content สูงจะมีค่า resistance primary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่ที่

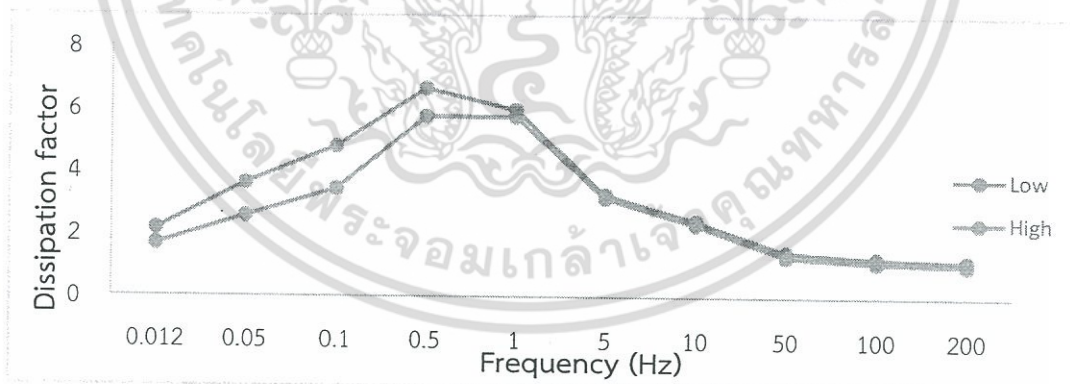
4.1.4.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ resistance secondary



ภาพที่ 4.29 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี moisture content สูงจะมีค่า resistance secondary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่ที่ ยกเว้นช่วงความถี่ที่ 0.1 และ 200 Hz. ที่มีค่าใกล้เคียงกัน

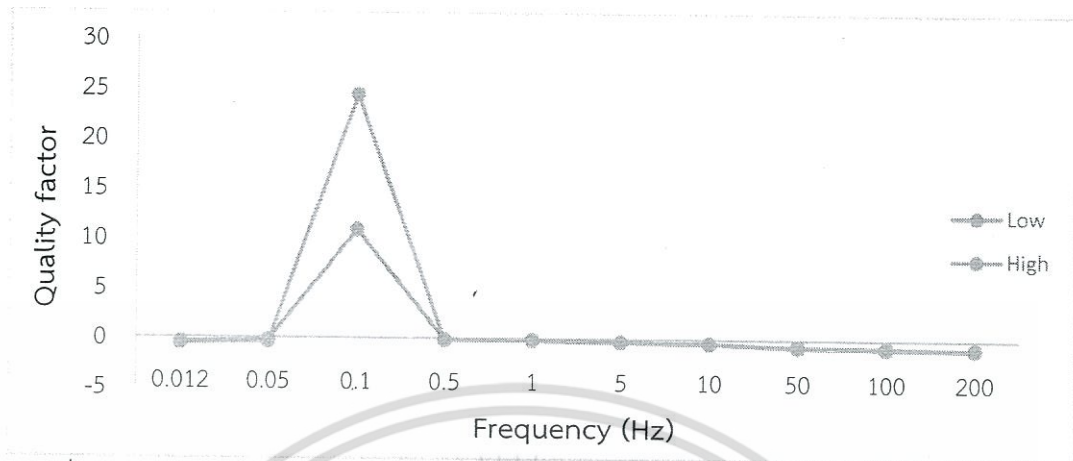
4.1.4.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ dissipation factor



ภาพที่ 4.30 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี moisture content สูงจะมีค่า dissipation factor ที่ต่ำกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 1 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 5 Hz

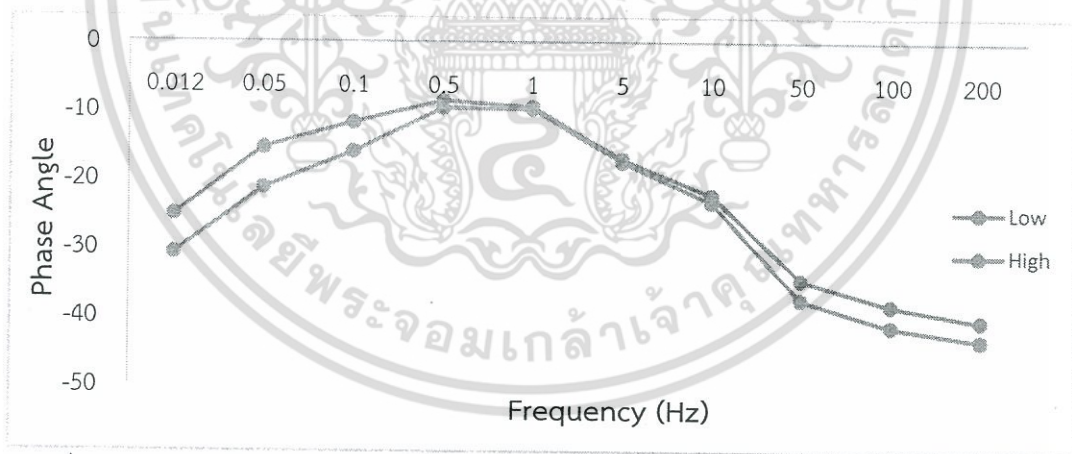
4.1.4.7 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ quality factor



ภาพที่ 4.31 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสัปดาห์ 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสัปดาห์ที่มี Moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี Moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ยกเว้นช่วงความถี่ที่ 0.1 Hz กลุ่มสัปดาห์ที่มี moisture content สูงจะมีค่า quality factor ที่สูงกว่า

4.1.4.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ phase angle



ภาพที่ 4.32 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสัปดาห์ 2 กลุ่มที่มี moisture content ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสัปดาห์ที่มี moisture content ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี moisture content สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสัปดาห์ที่มี moisture content สูงจะมีค่า phase angle ที่ต่ำกว่าในทุกช่วงความถี่ ยกเว้นช่วงความถี่ที่ 1 และ 5 Hz ที่มีค่า phase angle ใกล้เคียงกับกลุ่มสัปดาห์ที่มี moisture content ต่ำ

4.1.9.9 แสดงความสัมพันธ์ของค่า moisture content กับ ค่าทางกายภาพ

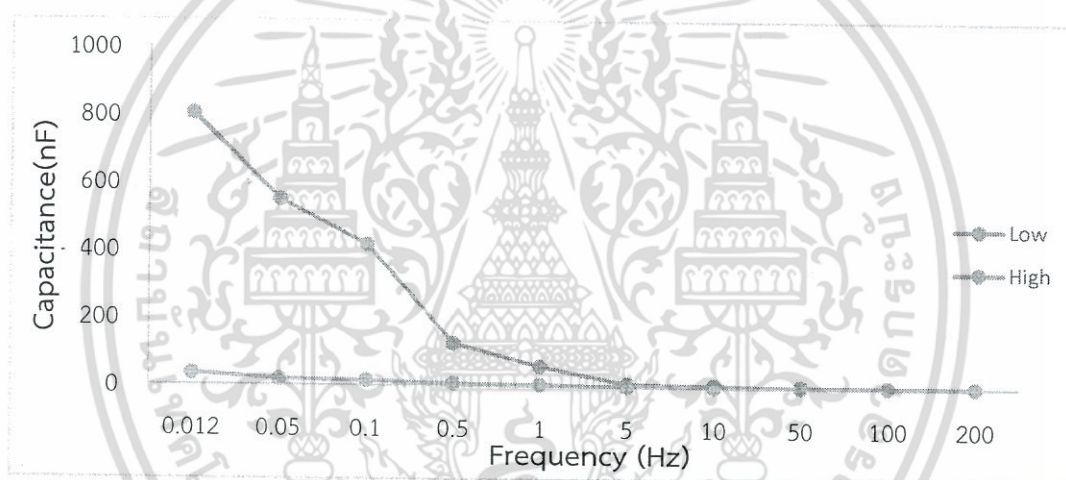
ตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง

ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วง	น้ำหนัก (kg)	ความหนาแน่น	chroma	GMD
Low	1.41	1.02	21.29	12.63
High	1.18	0.97	31.13	11.92

จากตารางการแบ่งของค่า Moisture content มีผลต่อค่า chroma และ ค่าน้ำหนัก ความหนาแน่น GMD มีผลน้อยมากเพราะทุกช่วงมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆค่า

4.1.5 texture

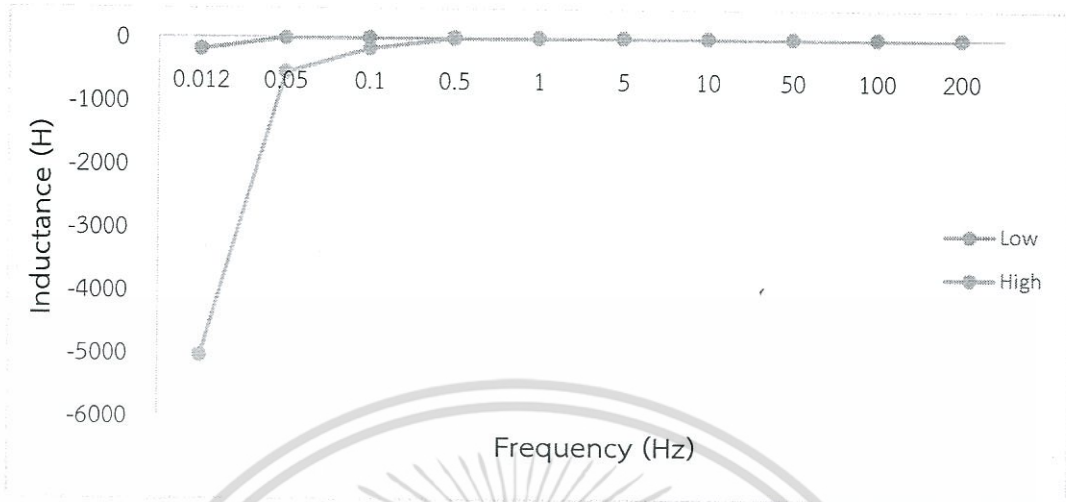
4.1.5.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ capacitance



ภาพที่ 4.33 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี Texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี texture สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี texture สูงจะมีค่า capacitance ที่ต่ำกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 5 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 5 Hz

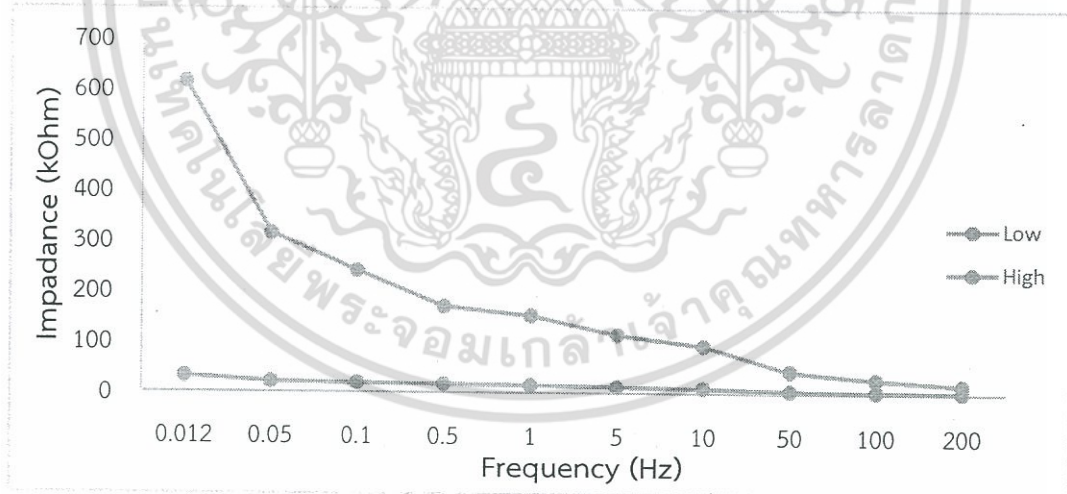
4.1.5.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ inductance



ภาพที่ 4.34 เปรียบเทียบค่า inductance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี Texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี texture สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี texture สูงจะมีค่า inductance ที่ต่ำกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.5 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.5 Hz

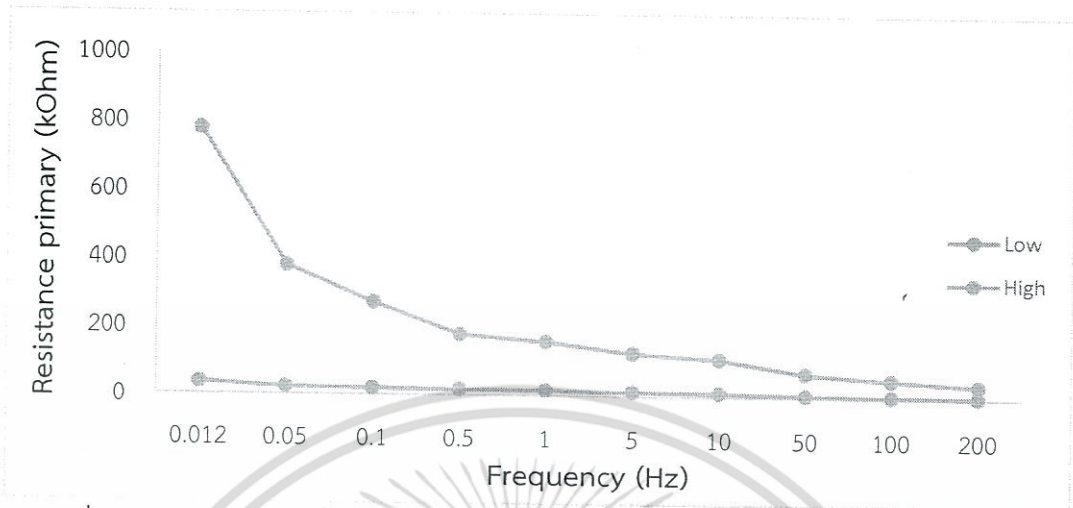
4.1.5.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ impedance



ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี Texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี Texture สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี texture สูงจะมีค่า impedance สูงกว่าทุกช่วงความถี่

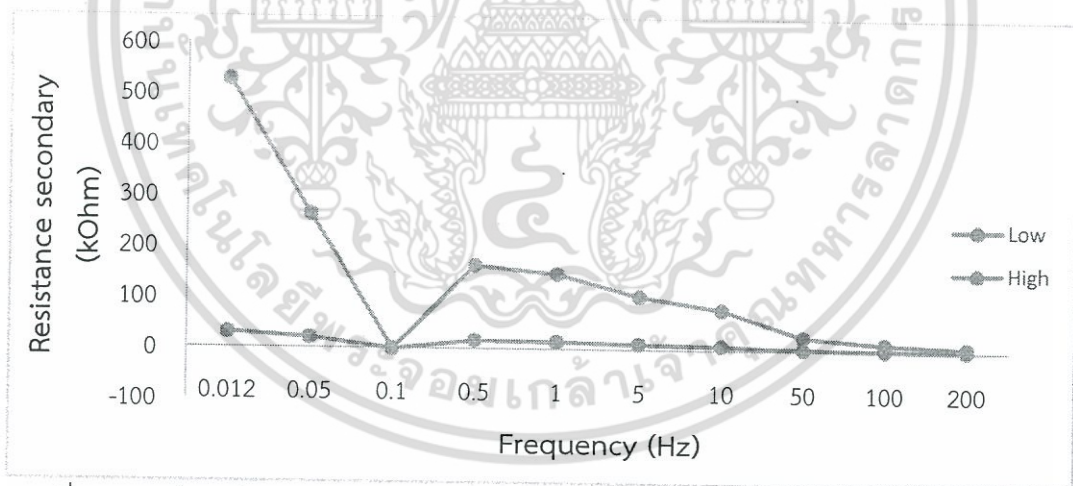
4.1.5.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ resistance primary



ภาพที่ 4.36 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี texture สูง และต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี texture สูงจะมีค่า resistance primary สูงกว่าทุกช่วงความถี่

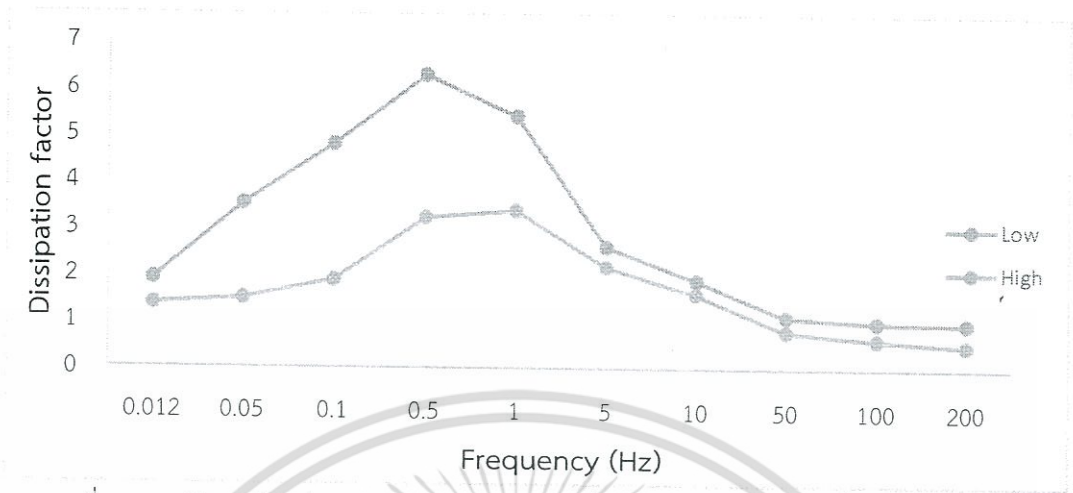
4.1.5.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Texture กับ resistance secondary



ภาพที่ 4.37 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี texture สูง และต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี texture สูงจะมีค่า resistance secondary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่ที่ ยกเว้นช่วงความถี่ที่ 0.1 และ 200 Hz ที่มีค่าใกล้เคียงกัน

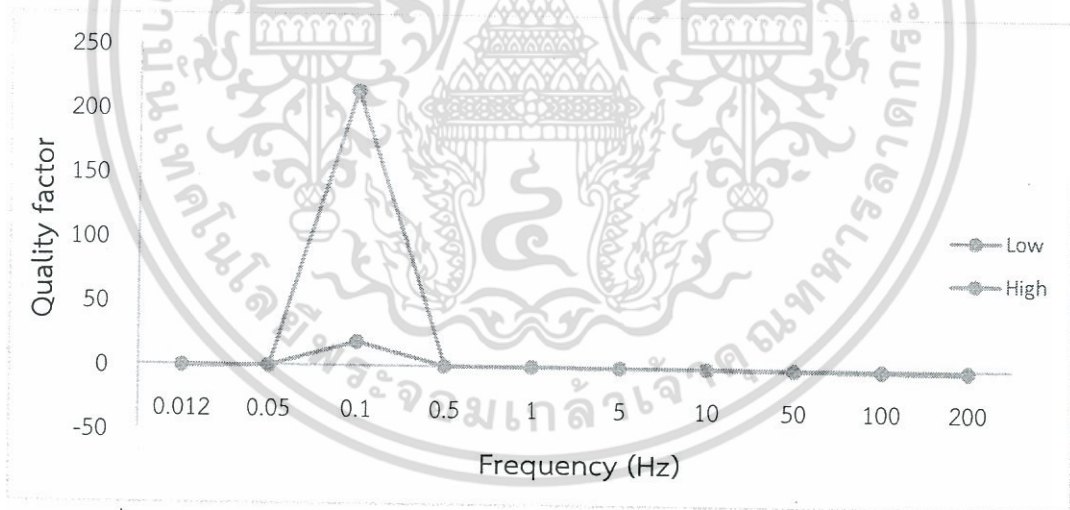
4.1.5.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ dissipation factor



ภาพที่ 4.38 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี texture สูง และต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี texture สูงจะมีค่า dissipation factor ต่ำกว่าทุกช่วงความถี่

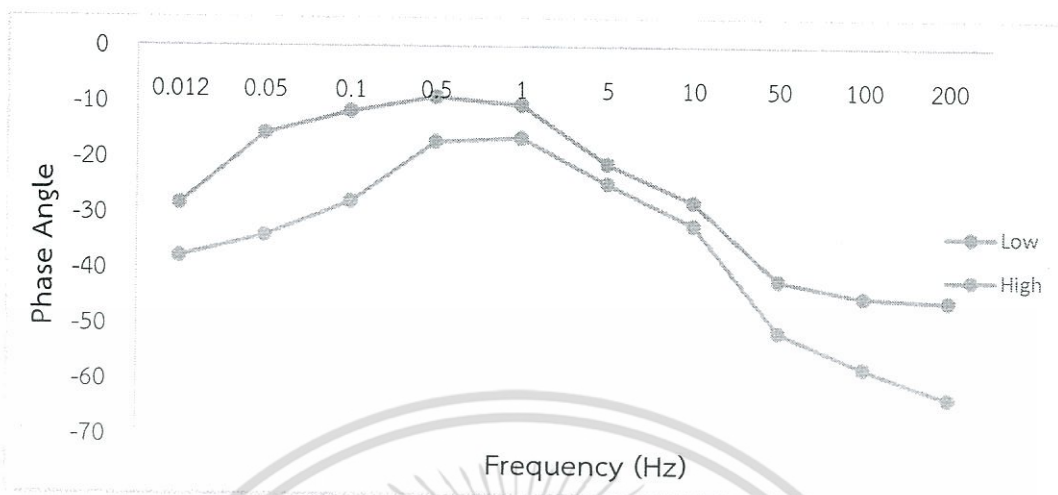
4.1.5.7 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ quality factor



ภาพที่ 4.39 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี texture สูง และต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ยกเว้นช่วงความถี่ที่ 0.1 Hz กลุ่มสับประรดที่มี Texture สูงจะมีค่า quality factor ที่สูงกว่า

4.1.5.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ phase angle



ภาพที่ 4.40 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับปะรด 2 กลุ่มที่มี texture ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับปะรดที่มี texture ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี texture สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับปะรดที่มี texture สูงจะมีค่า phase angle ต่ำกว่าทุกช่วงความถี่

4.1.5.9 แสดงความสัมพันธ์ของค่า texture กับ ค่าทางกายภาพ

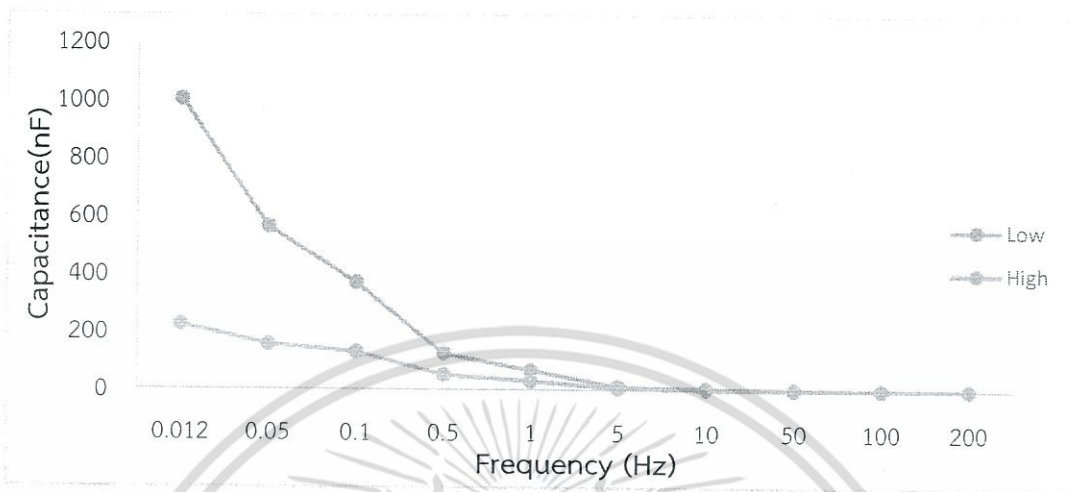
ตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง

ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วง	น้ำหนัก (kg)	ความหนาแน่น	chroma	GMD
Low	1.45	1.01	21.78	12.29
High	1.00	1.02	16.02	10.10

จากตารางการแบ่งของค่า texture มีผลต่อค่า chroma, GMD และ ค่าน้ำหนัก ความหนาแน่น มีผลน้อยมากเพราะทุกช่วงมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆค่า

4.1.6 % recovery

4.1.6.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ capacitance



ภาพที่ 4.41 เปรียบเทียบค่า capacitance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี % recovery ต่ำจะมีค่า capacitance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 5 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 5 Hz

4.1.6.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ inductance

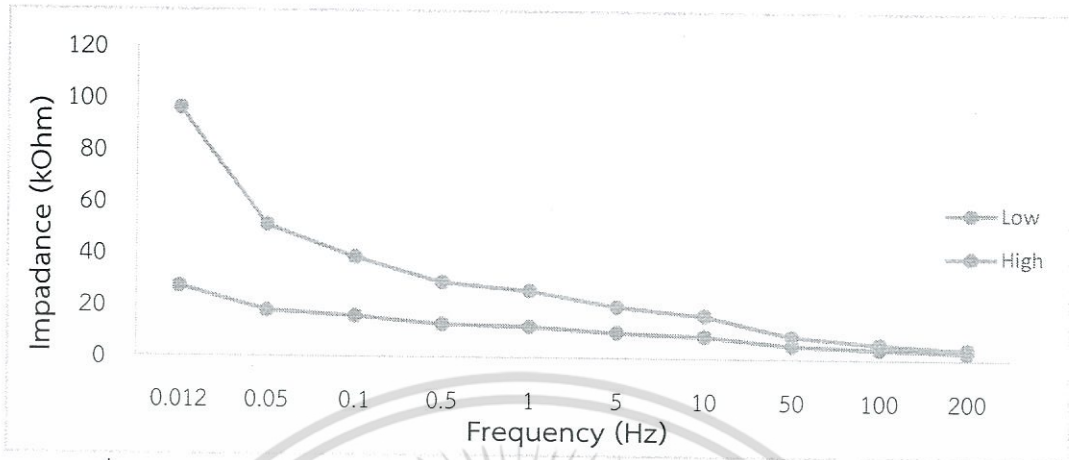


ภาพที่ 4.42 เปรียบเทียบค่า inductance เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี % recovery ต่ำจะมีค่า inductance ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 0.1 Hz และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงกว่า 0.1 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

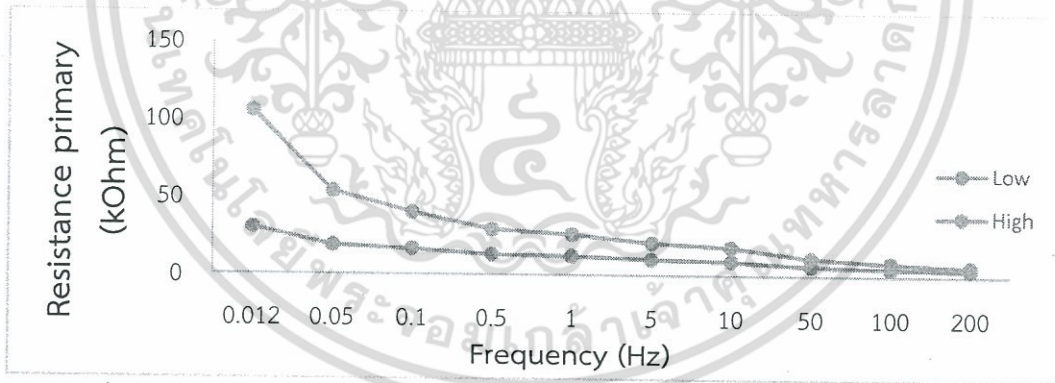
4.1.6.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ impedance



ภาพที่ 4.43 เปรียบเทียบค่า impedance เฉลี่ยของสับประต 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประตที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประตที่มี %recovery สูงจะมีค่า impedance ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่

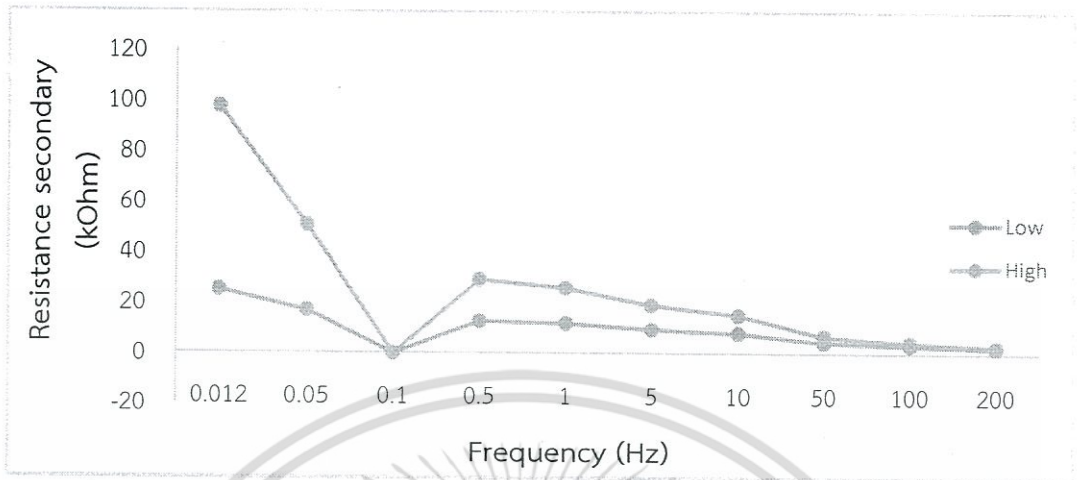
4.1.6.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ resistance primary



ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบค่า resistance primary เฉลี่ยของสับประต 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประตที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประตที่มี %recovery สูงจะมีค่า resistance primary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่

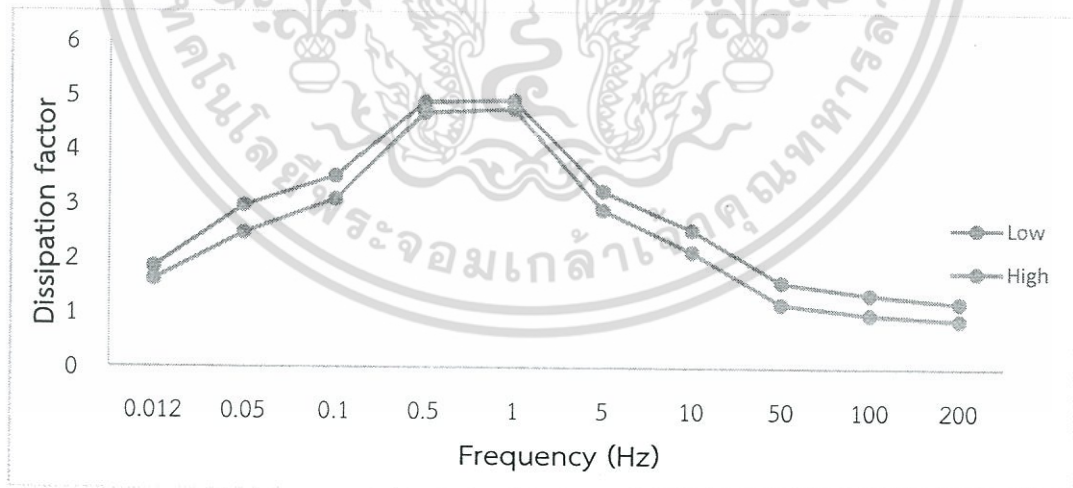
4.1.6.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ resistance secondary



ภาพที่ 4.45 เปรียบเทียบค่า resistance secondary เฉลี่ยของสับประต 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประตที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประตที่มี %recovery สูงจะมีค่า resistance secondary ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่ ยกเว้นที่ความถี่ 0.1, 50, 100 และ 200 Hz ที่มีค่าใกล้เคียงกัน

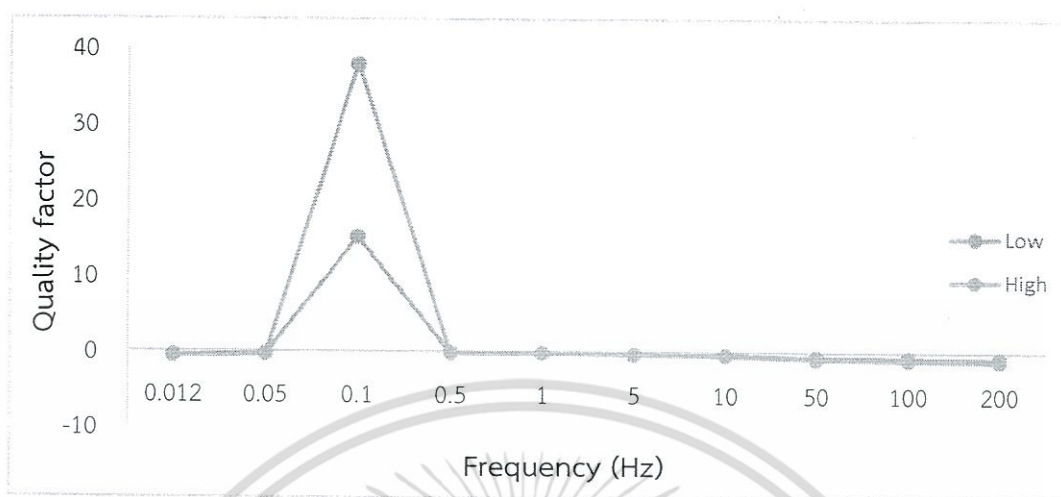
4.1.6.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ dissipation factor



ภาพที่ 4.46 เปรียบเทียบค่า dissipation factor เฉลี่ยของสับประต 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประตที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประตที่มี % recovery ต่ำ จะมีค่า dissipation factor ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่

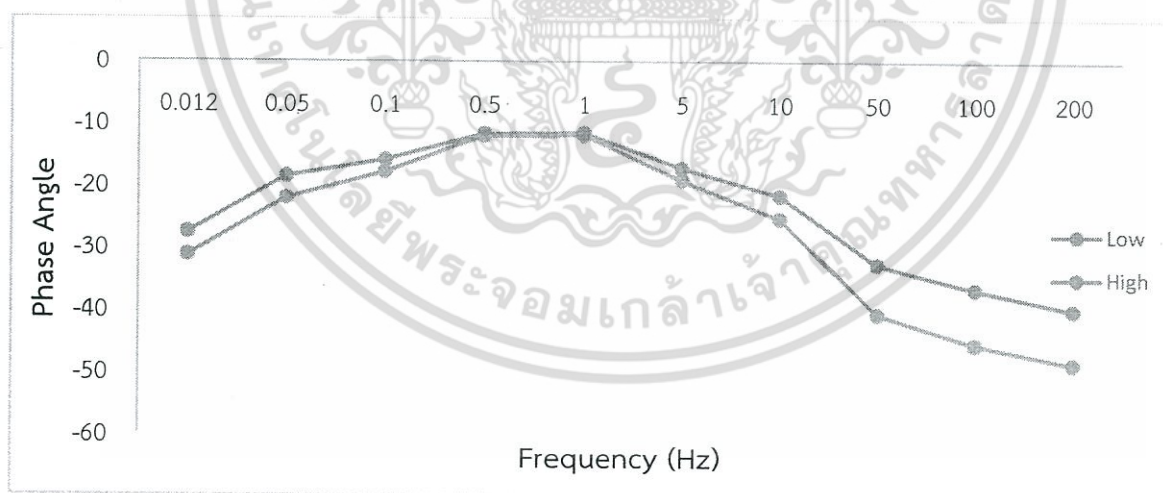
4.1.6.7 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ quality factor



ภาพที่ 4.47 เปรียบเทียบค่า quality factor เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี % recovery สูงจะมีค่า quality factor ที่สูงกว่าในช่วงความถี่ที่ 0.1 Hz และที่ความถี่อื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.6.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ phase angle



ภาพที่ 4.48 เปรียบเทียบค่า phase angle เฉลี่ยของสับประรด 2 กลุ่มที่มี % recovery ต่างกัน

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างสับประรดที่มี % recovery ต่างกัน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่มี % recovery สูงและต่ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มสับประรดที่มี % recovery ต่ำจะมีค่า phase angle ที่สูงกว่าในทุกช่วงความถี่ ยกเว้นที่ความถี่ 0.5 และ 1 Hz ที่มีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6.9 แสดงความสัมพันธ์ของค่า % recovery กับ ค่าทางกายภาพ

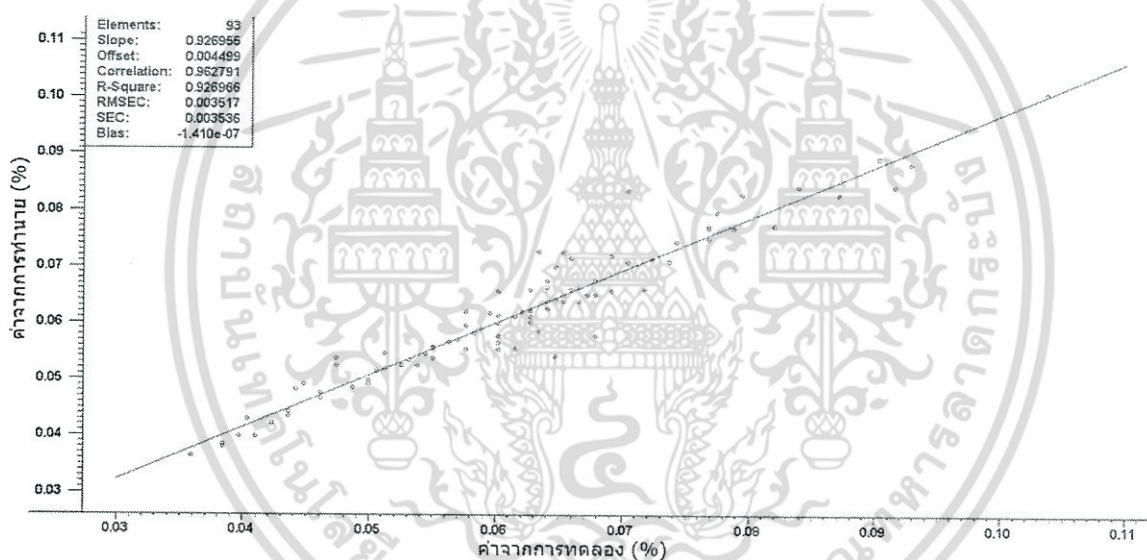
ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางกายภาพ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง

ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วง	น้ำหนัก (kg)	ความหนาแน่น	chroma	GMD
Low	1.30	0.92	21.03	12.07
High	1.18	1.04	18.35	11.11

จากตาราง พบว่า ทั้งสองให้ค่าน้ำหนัก ความหนาแน่น และค่า GMD ที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่า chroma ที่ช่วงต่ำจะมีค่าที่สูงกว่าในช่วงสูง

4.2 การสร้างสมการทำนายคุณภาพสับประดโดยใช้ค่าทางไฟฟ้าและตัวแปรอื่นๆ

4.2.1 titratable acidity predictive model

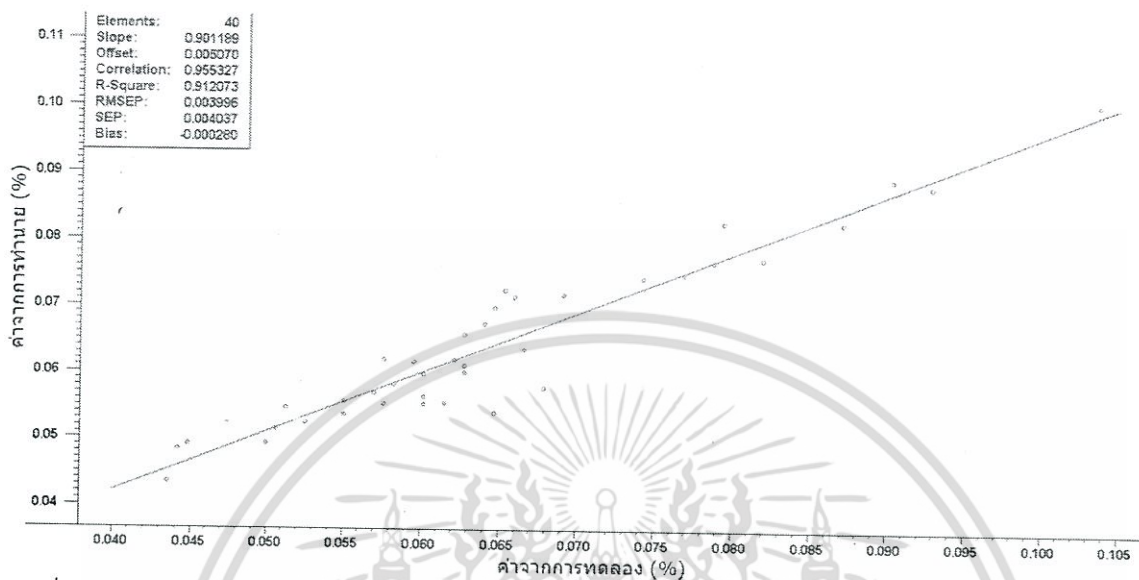


ภาพที่ 4.49 เปรียบเทียบค่า Titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนาย titratable acidity ของสับประด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และน้ำหนักของสับประด จำนวน 84 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับประดได้ 0.927 หรือประมาณ 93% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย titratable acidity ของสับประดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.004 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.50 เปรียบเทียบค่า titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม calibration มาทำนายค่า titratable acidity ของสับปะรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.912 หรือประมาณ 91% เป็นค่าที่บ่งถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEP มีค่าเท่ากับ 0.004 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.7 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า titratable acidity เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร

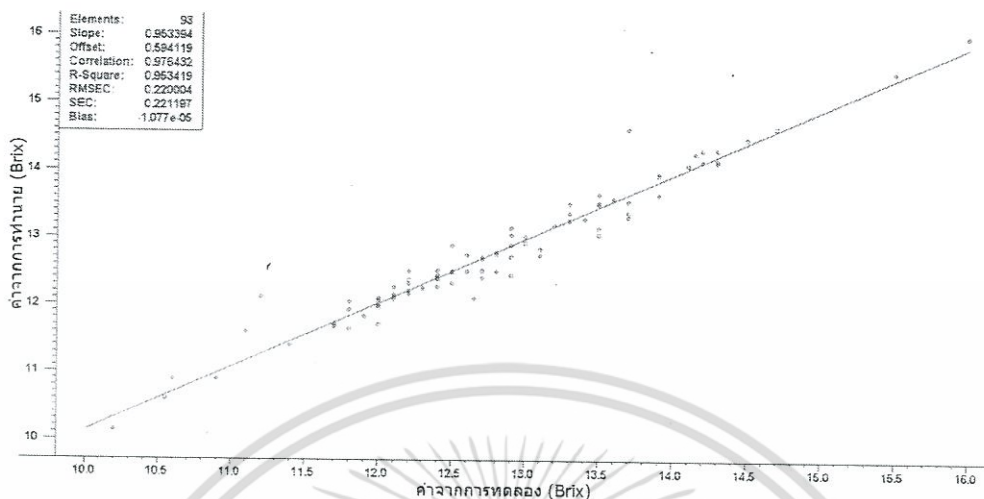
	Titratable acidity
Calibration	
n	93
R ²	0.927
RMSEC (%)	0.004
SEC (%)	0.004
Validation	
n	40
R ²	0.912
RMSEV (%)	0.004
SEV (%)	0.004

$$\begin{aligned} \text{titratable acidity} = & -1.32417-0.00009(\text{C0.012})-0.00017(\text{C0.05})+0.00126(\text{C0.1})- \\ & 0.00636(\text{C0.5})+0.00816(\text{C1})+0.00204(\text{C5})-0.01013(\text{C10})+0.00645(\text{C50})- \\ & 0.35900(\text{C100})+0.47600(\text{C200})-0.00015(\text{L0.012})+0.00299(\text{L0.05})-0.00006(\text{L0.1})-0.01589(\text{L0.5})- \\ & 0.01174(\text{L1})-0.00006(\text{L5})+0.35500(\text{L10})+0.00952(\text{L50})-5.35400(\text{L100})+0.01696(\text{L200})- \\ & 0.00232(\text{Z0.012})+0.00436(\text{Z0.05})+0.07881(\text{Z0.1})-0.04068(\text{Z0.5})+0.05422(\text{Z1})- \\ & 0.29800(\text{Z5})+0.17400(\text{Z10})-0.16100(\text{Z50})-0.00441(\text{Z100})-0.01743(\text{Z200})+0.00008(\text{R1-0.012})- \\ & 0.00417(\text{R1-0.05})-0.00875(\text{R1-0.1})-0.00824(\text{R1-0.5})-0.07378(\text{R1-1})+0.17800(\text{R1-5})-0.03264 \\ & (\text{R1-10})+0.02560(\text{R1-50})-0.03086(\text{R1-100})-0.00015(\text{R1-200})+0.06030(\text{D0.012})+0.04750(\text{D0.05})- \\ & 0.12600(\text{D0.1})+0.11600(\text{D0.5})-0.03265(\text{D1})+0.10200(\text{D5})-0.15600(\text{D10})- \\ & 0.59600(\text{D50})+1.68600(\text{D100})-0.77100(\text{D200})-0.00049(\text{R2-0.012})+0.00684(\text{R2-0.05})-0.49500 \\ & (\text{R2-0.1})+0.02444(\text{R2-0.5})+0.00127(\text{R2-1})+0.05103(\text{R2-5})+0.03017(\text{R2-10})+0.02203 \\ & (\text{R2-50})+0.06061(\text{R2-100})+0.00360(\text{R2-200})+0.03561(\text{Q0.012})-0.65400(\text{Q0.05})- \\ & 0.05235(\text{Q0.1})+8.50600(\text{Q0.5})-0.32400(\text{Q1})+7.19100(\text{Q5})-2.03700(\text{Q10})- \\ & 4.16200(\text{Q50})+6.29700(\text{Q100})-2.41800(\text{Q200})-0.00009(\Theta-0.012)-0.00347(\Theta-0.05)+0.03146(\Theta- \\ & 0.1)-0.15200(\Theta-0.5)+0.00115(\Theta-1)-0.24400(\Theta-5)+0.13700(\Theta-10)+0.11900(\Theta-50)-0.22500(\Theta- \\ & 100)+0.08587(\Theta-200)+0.00289(\text{Weight})+0.07390(\text{density})-0.00120(\text{chroma})+0.00706(\text{GMD}) \end{aligned}$$

จากสมการ Titratable acidity พบว่า ค่าที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ quality factor ที่ความถี่ 0.5 Hz

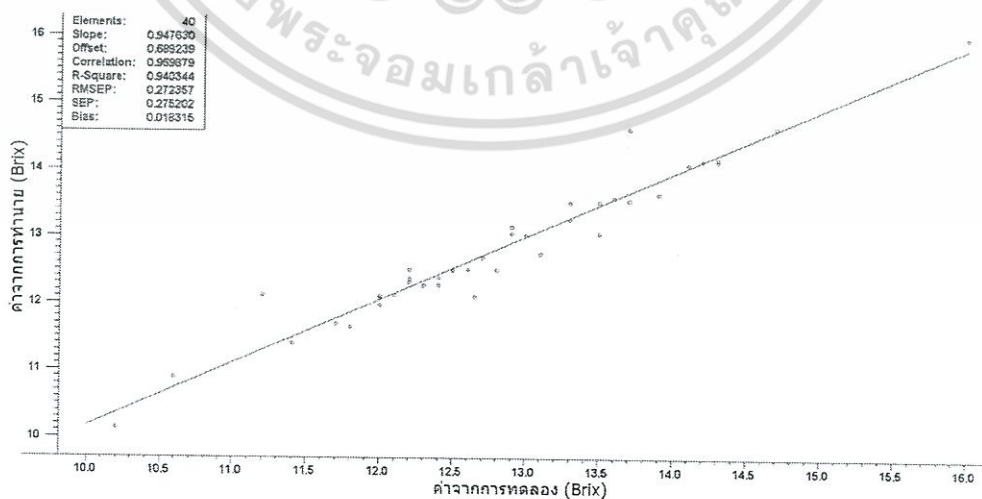
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 TSS predictive model



ภาพที่ 4.51 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า TSS ของสับปะรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และน้ำหนักของสับปะรด จำนวน 84 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับปะรดได้ 0.953 หรือประมาณ 95% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย Titratable acidity ของสับปะรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.220⁰Brix เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.52 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า TSS ของสับปรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาความสัมพันธ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.940 หรือประมาณ 94% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 0.272 $^{\circ}$ Brix เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

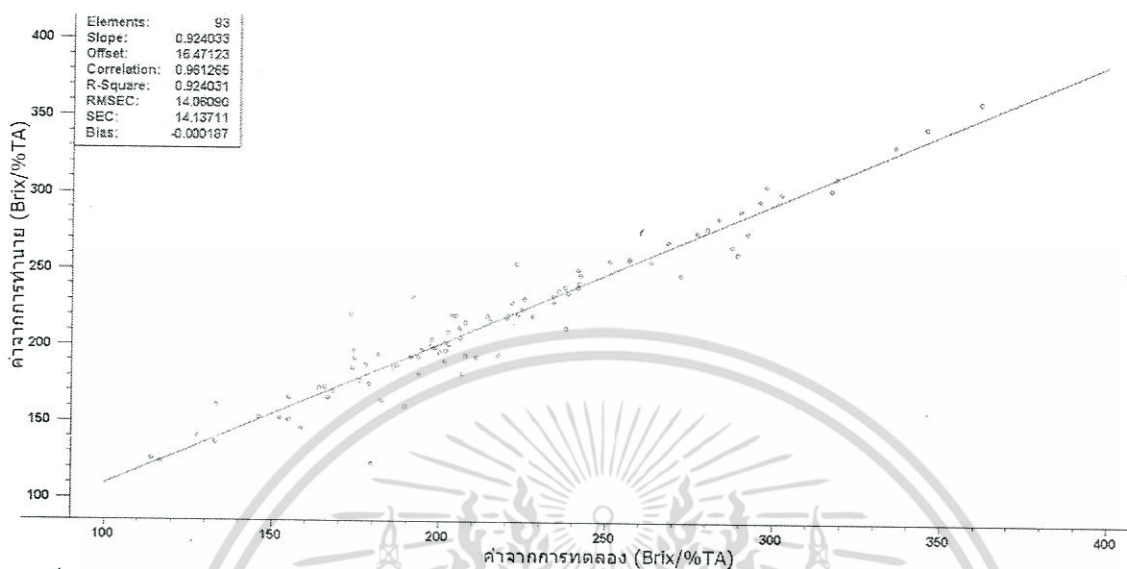
ตารางที่ 4.8 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า TSS เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร

TSS	
Calibration	
n	93
R^2	0.953
RMSEC ($^{\circ}$ Brix)	0.220
SEC ($^{\circ}$ Brix)	0.221
Validation	
n	40
R^2	0.940
RMSEV ($^{\circ}$ Brix)	0.272
SEV ($^{\circ}$ Brix)	0.275

$$\begin{aligned}
 TTS = & 15.423858 - 0.00958(C0.012) - 0.01337(C0.05) + 0.02262(C0.1) + 0.04885(C0.5) + 0.06526(C1) - \\
 & 0.56400(C5) - 0.94900(C10) - 5.46700(C50) + 31.06600(C100) - 23.20700(C200) + 0.01871(L0.012) - \\
 & 0.51100(L0.05) + 0.97300(L0.1) - 0.61200(L0.5) - 0.41500(L1) - \\
 & 0.03920(L5) + 37.17700(L10) + 0.77500(L50) - 561.77800(L100) + 0.93100(L200) + 0.23200(Z0.012) - \\
 & 0.05400(Z0.05) + 0.29400(Z0.1) + 0.43900(Z0.5) - 2.56400(Z1) - 3.89800(Z5) + 31.54000(Z10) - \\
 & 13.61400(Z50) - 0.19500(Z100) - 4.24300(Z200) + 0.02030(R1-0.012) - 1.01600(R1-0.05) + 0.57100(R1- \\
 & 0.1) - 0.99000(R1-0.5) + 2.93500(R1-1) + 10.76800(R1-5) - 23.75900(R1-10) + 5.05900(R1-50) - \\
 & 0.69900(R1-100) - 0.03691(R1-200) - 0.89200(D0.012) + 8.71000(D0.05) - 0.71300(D0.1) - \\
 & 0.46400(D0.5) - 3.83200(D1) - 21.58500(D5) + 31.78100(D10) - \\
 & 30.14200(D50) + 14.58800(D100) + 20.44100(D200) - 0.10200(R2-0.012) + 0.20000(R2-0.05) - \\
 & 175.64200(R2-0.1) - 0.31500(R2-0.5) - 0.35900(R2-1) - 9.99100(R2-5) + 3.09600(R2-10) - 1.16500(R2-50) - \\
 & 6.40500(R2-100) + 13.29200(R2-200) - 16.96300(Q0.012) + 115.71700(Q0.05) + 0.48800(Q0.1) - \\
 & 302.65500(Q0.5) - 268.80700(Q1) + 1206.00000(Q5) - 816.14900(Q10) - \\
 & 379.41800(Q50) + 510.04600(Q100) - 102.96500(Q200) + 0.37200(\theta-0.012) - 2.18500(\theta- \\
 & 0.05) + 2.75800(\theta-0.1) + 3.10400(\theta0.5) + 10.31500(\theta1) - \\
 & 21.07100(\theta5) + 13.35000(\theta10) + 14.45800(\theta50) - 17.55300(\theta100) + 2.80100(\theta200) - \\
 & 1.31100(\text{Weight}) + 0.86400(\text{Density}) - 0.08667(\text{Chroma}) - 0.59400(\text{GMD})
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

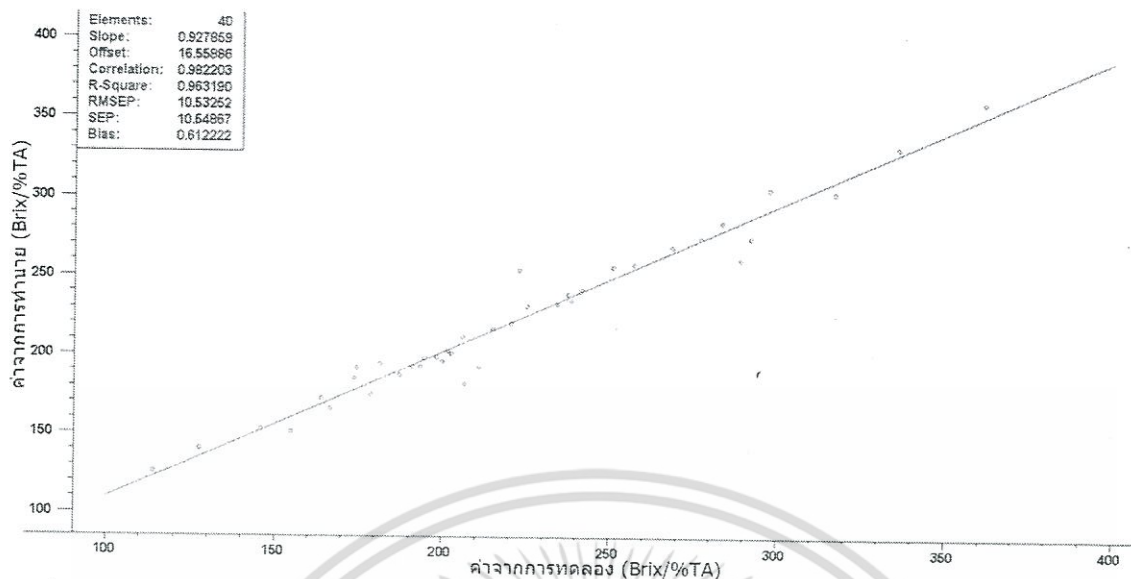
จากสมการ TSS พบว่า ค่าที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ quality factor ที่ความถี่ 5 Hz
 4.2.3 อัตราส่วนระหว่าง TSS/ TA predictive model



ภาพที่ 4.53 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/ TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับประรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด จำนวน 84 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับประรดได้ 0.924 หรือประมาณ 92% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับประรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 14.061⁰ Brix/%TA เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.54 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับประรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาความสัมพันธ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.960 หรือประมาณ 96% เป็นค่าที่บอกลถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 10.533^0 Brix/%TA เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.9 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่าอัตราส่วนระหว่าง TSS/TA เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร

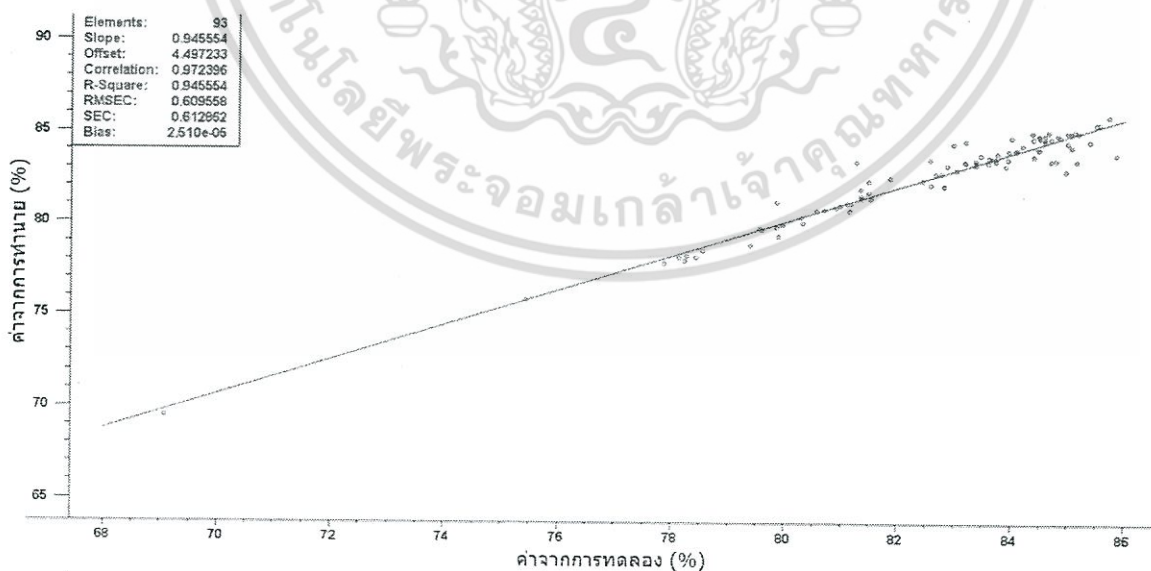
	อัตราส่วนระหว่าง TSS/ TA
Calibration	
n	93
R^2	0.924
RMSEC (0 Brix/%TA)	14.061
SEC (0 Brix/%TA)	14.137
Validation	
n	40
R^2	0.963
RMSEV (0 Brix/%TA)	10.533
SEV (0 Brix/%TA)	10.649

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$TSS/TA = 3934.233643 + 0.22200(C0.012) - 0.13700(C0.05) - 2.76900(C0.1) + 18.05300(C0.5) -$
 $21.23200(C1) - 14.32500(C5) + 23.52100(C10) - 176.79200(C50) + 2251.00000(C100) -$
 $2799.00000(C200) + 0.66800(L0.012) -$
 $13.34700(L0.05) + 5.57800(L0.1) + 47.97100(L0.05) + 30.55800(L1) + 0.24000(L5) - 539.54000(L10) -$
 $18.33300(L50) + 8125.00000(L100) - 35.69500(L200) + 11.40300(Z0.012) - 15.10800(Z0.05) -$
 $215.35800(Z0.1) + 83.94900(Z0.5) - 243.02900(Z1) + 1183.00000(Z5) -$
 $617.94700(Z10) + 350.63100(Z50) + 13.40300(Z100) + 135.10800(Z200) - 0.86200(R1 -$
 $0.012) + 9.58900(R1 - 0.05) + 12.96400(R1 - 0.1) + 34.45500(R1 - 0.5) + 305.78800(R1 - 1) - 706.22000(R1 -$
 $5) + 157.13800(R1 - 10) - 39.01900(R1 - 50) + 98.18900(R1 - 100) - 0.39500(R1 - 200) -$
 $240.14900(D0.012) + 128.09200(D0.05) + 144.70400(D0.1) - 130.06400(D0.5) - 133.31300(D1) -$
 $291.72700(D5) + 636.65500(D10) + 1073.00000(D50) -$
 $3500.00000(D100) + 1361.00000(D200) + 0.19100(R2 - 0.012) - 24.81200(R2 - 0.05) - 499.82200(R2 - 0.1) -$
 $32.48300(R2 - 0.5) - 5.54600(R2 - 1) - 291.36000(R2 - 5) - 46.22700(R2 - 10) + 109.05000(R2 - 50) -$
 $379.52300(R2 - 100) + 34.23600(R2 - 200) - 524.38200(Q0.012) + 3776.00000(Q0.05) + 150.65800(Q0.1) -$
 $22190.00000(Q0.5) - 8920.00000(Q1) - 8227.00000(Q5) - 6250.00000(Q10) + 16610.00000(Q50) -$
 $20190.00000(Q100) + 8115.00000(Q200) + 9.06900(\theta 0.012) - 28.61600(\theta 0.05) -$
 $40.48200(\theta 0.1) + 284.46600(\theta 0.5) + 316.21300(\theta 1) + 411.33400(\theta 5) - 125.02300(\theta 10) -$
 $452.11100(\theta 50) + 643.02300(\theta 100) - 232.60000(\theta 200) - 17.87700(\text{Weight}) -$
 $142.60400(\text{Density}) + 2.72200(\text{Chroma}) - 32.28600(\text{GMD})$

จากสมการ TSS/TA พบว่า ค่าที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ quality factor ที่ความถี่ 0.5 Hz

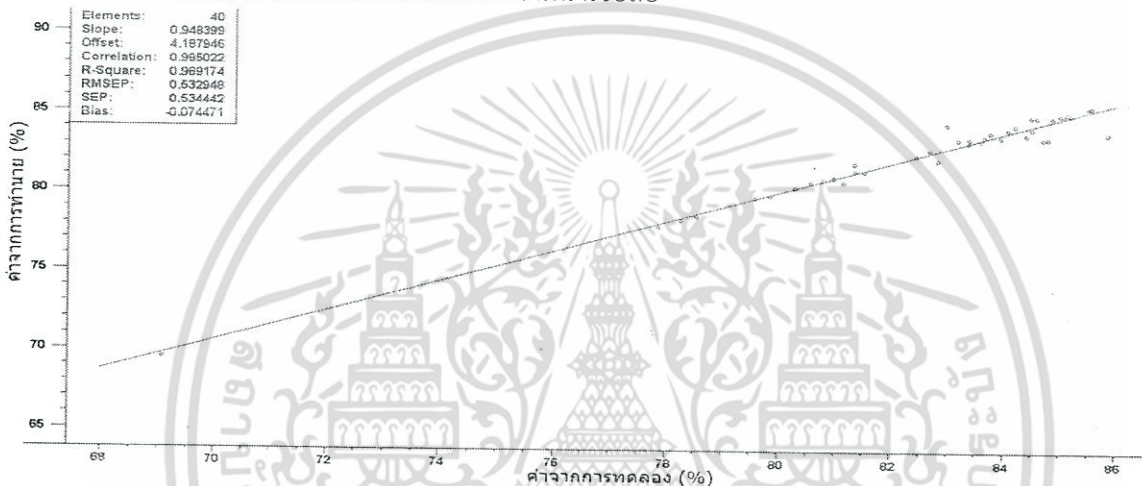
4.2.4 Moisture content predictive model



ภาพที่ 4.55 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า Moisture content ของสับปะรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และน้ำหนักของสับปะรด จำนวน 84 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับปะรดได้ 0.946 หรือประมาณ 95% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย Moisture content ของสับปะรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.610 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.56 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า Moisture content ของสับปะรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.969 หรือประมาณ 97% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 0.533 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.10 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Moisture contentเมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร

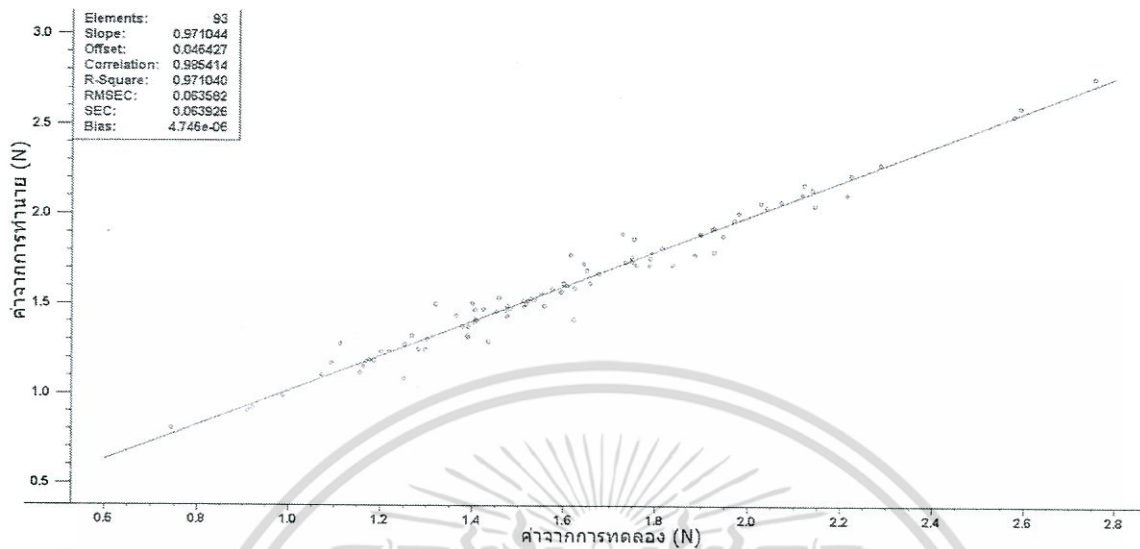
	Moisture content
Calibration	
n	93
R ²	0.946
RMSEC (%)	0.610
SEC (%)	0.613
Validation	
n	40
R ²	0.969
RMSEV (%)	0.533
SEV (%)	0.534

Moisture content = 215.187439+0.00847(C0.012)-0.05259(C0.0.05)+0.03393(C0.1)+0.22900(C0.5)-0.28700(C1)-1.25400(C5)1.92200(C10)+100.84200(C50)-243.01100(C100)+173.54600(C200)+0.00423(L0.012)+0.26300(L0.0.05)-0.45400(L0.1)-0.20900(L0.5)+0.96600(L1)-0.03759(L5)+147.23600(L10)+1.61200(L50)-2219.00000(L100)+0.02832(L200)+0.10800(Z0.012)-1.24300(Z0.0.05)-7.27300(Z0.1)-1.10500(Z0.5)-6.43000(Z1)+33.09500(Z5)-1.87800(Z10)+7.43300(Z50)+0.52000(Z100)-18.85100(Z200)+0.03200(R1-0.012)+1.64300(R1-0.0.05)+0.76400(R1-0.1)+1.18100(R1-0.5)+5.55800(R1-1)-7.45700(R1-5)-6.75200(R1-10)-4.80000(R1-50)+2.30200(R1-100)+0.02668(R1-200)-10.52000(D0.012)+3.02100(D0.0.05)+6.06600(D0.1)-17.41500(D0.5)+17.46200(D1)-65.61000(D5)+122.77000(D10)-200.73800(D50)+92.01900(D100)+21.62800(D200)+0.05061(R2-0.012)-0.86300(R2-0.0.05)+68.72700(R2-0.1)-0.79000(R2-0.5)+2.31600(R2-1)-24.61700(R2-5)+11.20100(R2-10)-12.72900(R2-50)+12.42800(R2-100)+9.25900(R2-200)+21.41400(Q0.012)+38.55500(Q0.0.05)+6.59600(Q0.1)-700.32100(Q0.5)+873.00200(Q1)+222.52700(Q5)-240.91000(Q10)+307.33800(Q50)-596.15400(Q100)+160.84000(Q200)-0.28400(θ 0.012)+0.61800(θ 0.0.05)-3.86400(θ 0.1)+17.12300(θ 0.5)-20.98000(θ 1)+5.18000(θ 5)-1.67300(θ 10)-9.93600(θ 50)+25.60600(θ 100)-9.94300(θ 200)+6.26400(Weight)-0.60000(Density)+0.15400(Chroma)+1.10100(GMD)

จากสมการ Moisture content พบว่า ค่าที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ inductance ที่ความถี่ 100 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

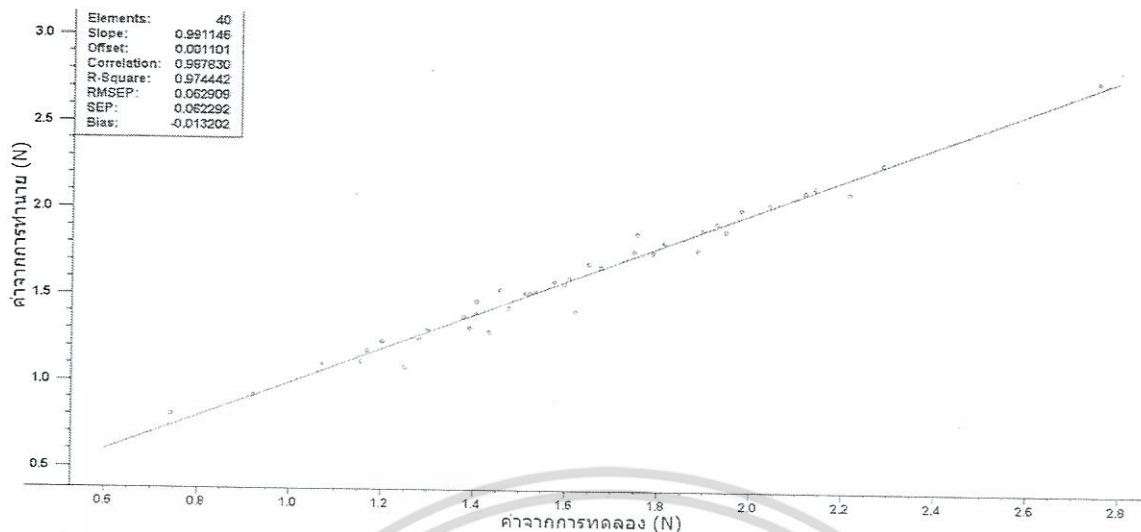
4.2.5 Texture predictive model



ภาพที่ 4.57 เปรียบเทียบค่า texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า Texture ของสับปะรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และน้ำหนักของสับปะรด จำนวน 84 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับปะรดได้ 0.971 หรือประมาณ 97% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย Texture ของสับปะรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.064 N เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.58 เปรียบเทียบค่า texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า Texture ของสับปะรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาความสัมพันธ์การตัดเส้นใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.974 หรือประมาณ 97% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 0.063 N เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.11 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า texture เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร

	Texture
Calibration	
n	93
R^2	0.971
RMSEC (N)	0.064
SEC (N)	0.064
Validation	
n	40
R^2	0.974
RMSEV (N)	0.063
SEV (N)	0.062

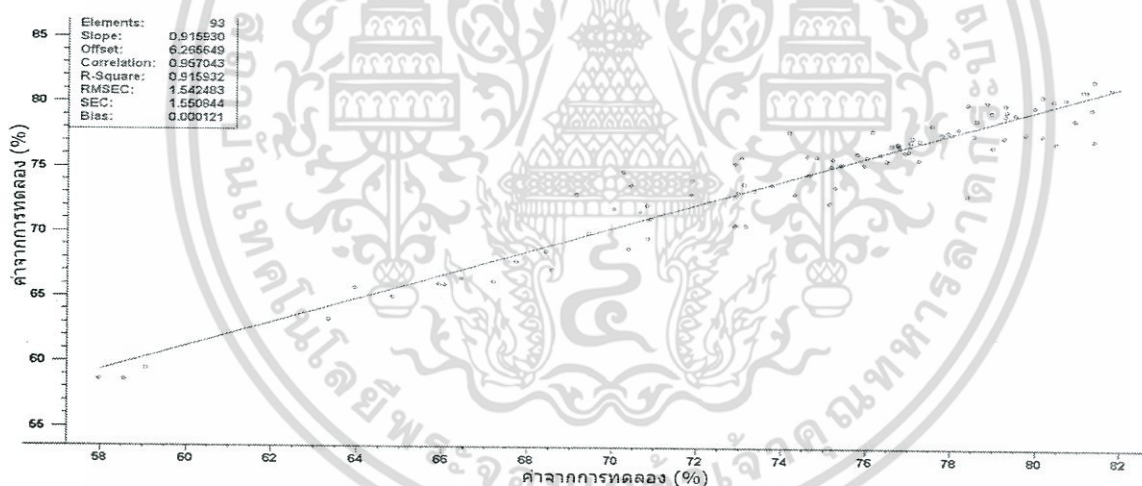
$$\text{Texture} = 12.336407 + 0.00127(C0.012) - 0.00379(0.0.05) - 0.00088(C0.1) + 0.01689(C0.5) - 0.00427(C1) - 0.08965(C5) + 0.31300(C10) + 0.03826(C50) - 6.94700(C100) + 8.36800(C200) + 0.00352(L0.012) -$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$0.06023(L0.0.05)+0.03141(L0.1)+0.11400(L0.5)+0.01553(L1)+0.00529(L5)-11.99500(L10)-$
 $0.03552(L50)+180.18800(L100)+0.10800(L200)+0.06774(Z0.012)-0.23000(Z0.0.05)-$
 $1.24100(Z0.1)+1.15300(Z0.5)-1.27700(Z1)+6.13700(Z5)-2.91600(Z10)+0.91700(Z50)-$
 $0.00049(Z100)-0.47800(Z200)-0.00696(R1-0.012)+0.15600(R1-0.0.05)+0.17400(R1-0.1)-$
 $0.24200(R1-0.5)+1.00700(R1-1)-3.84800(R1-5)+2.49300(R1-10)-1.16900(R1-50)+0.58000(R1-100)-$
 $0.00703(R1-200)-1.19600(D0.012)+1.40700(D0.0.05)-0.85900(D0.1)+1.62100(D0.5)-$
 $2.17500(D1)+6.71400(D5)-10.34100(D10)-3.62100(D50)+21.29300(D100)-15.31300(D200)-$
 $0.01959(R2-0.012)-0.03377(R2-0.0.05)-29.73300(R2-0.1)-0.69800(R2-0.5)+0.35900(R2-1)-$
 $2.03800(R2-5)-0.76800(R2-10)+3.14200(R2-50)-3.23800(R2-100)+1.29300(R2-200)-$
 $0.29000(Q0.012)+20.12100(Q0.0.05)+0.94300(Q0.1)+10.98600(Q0.5)+141.26900(Q1)-$
 $24.22000(Q5)+23.48800(Q10)+0.83200(Q50)-3.78100(Q100)-7.47100(Q200)-0.04526(\theta 0.012)-$
 $0.12500(\theta 0.0.05)+0.31700(\theta 0.1)-0.13600(\theta 0.5)-3.08600(\theta 1)+0.93400(\theta 5)-0.33100(\theta 10)-$
 $0.42200(\theta 50)+0.13200(\theta 100)+0.42200(\theta 200)-0.74300(\text{Weight})-$
 $1.87800(\text{Density})+0.01441(\text{Chroma})-0.11000(\text{GMD})$

จากสมการ texture พบว่า ค่าที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ inductance ที่ความถี่ 100 Hz

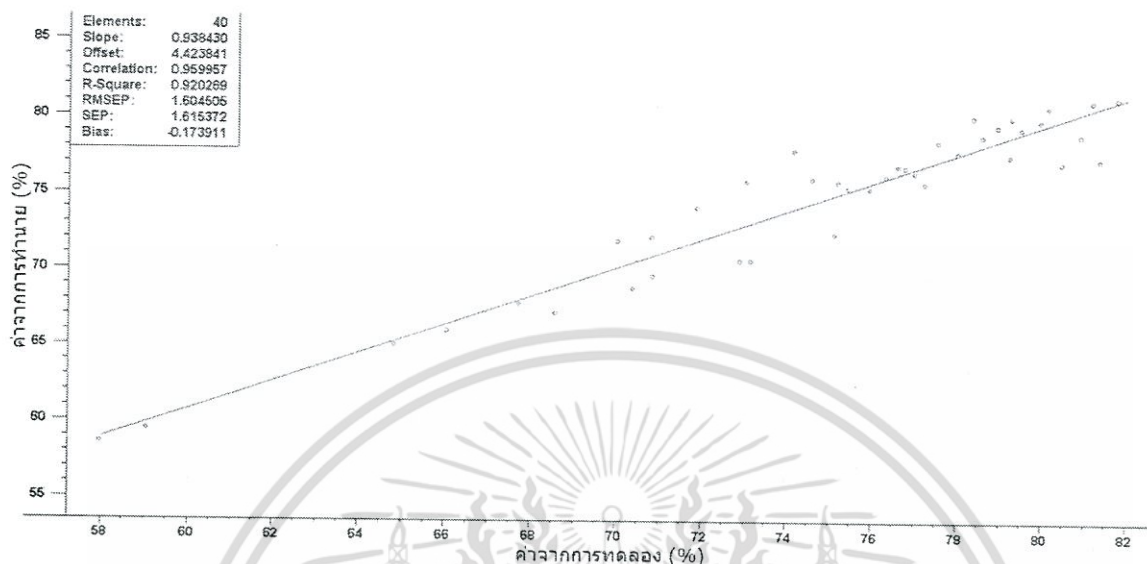
4.2.6 %Recovery predictive model



ภาพที่ 4.59 เปรียบเทียบค่า % recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า %Recovery ของสับประรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด จำนวน 84 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับประรดได้ 0.916 หรือประมาณ 92% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย % recovery ของสับประรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 1.542 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.60 เปรียบเทียบค่า %Recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า %Recovery ของสับปะรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาความสัมพันธ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.920 หรือประมาณ 92% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEP มีค่าเท่ากับ 01.605 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า % recovery เมื่อใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวแปร

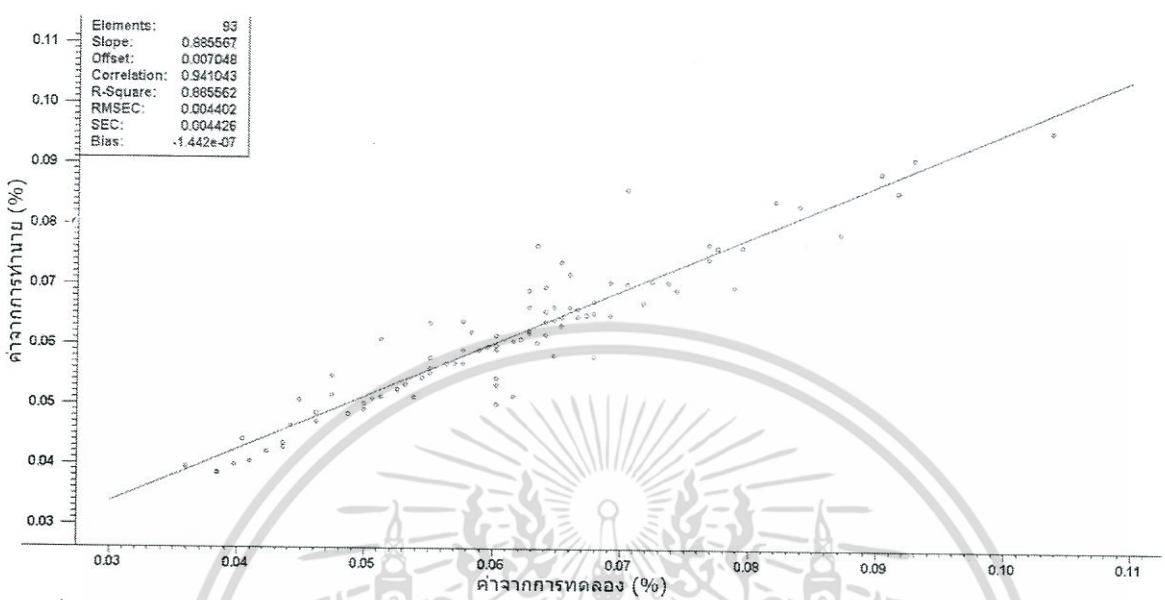
	%Recovery
calibration	
n	93
R ²	0.916
RMSEC (%)	1.542
SEC (%)	1.551
validation	
n	40
R ²	0.920
RMSEV (%)	1.605
SEV (%)	1.615

$$\begin{aligned} \% \text{Recovery} = & -7.624714 - 0.01729(C0.012) + 0.12100(C0.0.05) - 0.03159(C0.1) - \\ & 0.53500(C0.5) + 0.69300(C1) - 0.48800(C5) + 1.19500(C10) - 101.75200(C50) + 200.81700(C100) - \\ & 81.18900(C200) - 0.02247(L0.012) + 0.15300(L0.0.05) + 1.94300(L0.1) + 1.51000(L0.5) - 1.06900(L1) - \\ & 0.08420(L5) - 174.88800(L10) + 0.21500(L50) + 2632.00000(L100) + 2.73800(L200) - 0.14100(Z0.012) - \\ & 5.44600(Z0.0.05) + 7.23200(Z0.1) + 20.57100(Z0.5) + 24.90000(Z1) - 54.62500(Z5) + 70.74000(Z10) - \\ & 39.12200(Z50) - 0.78900(Z100) - 13.84400(Z200) - 0.09466(R1-0.012) + 3.23800(R1-0.0.05) - \\ & 0.36400(R1-0.1) - 8.38200(R1-0.5) - 27.05500(R1-1) + 46.39800(R1-5) - 35.17200(R1-10) + 1.59900(R1- \\ & 50) + 0.33500(R1-100) + 0.03220(R1-200) + 17.93300(D0.012) - 40.72700(D0.0.05) + 19.48700(D0.1) - \\ & 11.30200(D0.5) + 23.30100(D1) + 1.88900(D5) - 40.60800(D10) + 205.92600(D50) - \\ & 277.87900(D100) + 118.71100(D200) - 0.18800(R2-0.012) + 2.85900(R2-0.0.05) + 305.41700(R2-0.1) - \\ & 13.11300(R2-0.5) + 0.52000(R2-1) - 2.96900(R2-5) - 16.43500(R2-10) + 56.14200(R2-50) - 50.64100(R2- \\ & 100) + 41.72100(R2-200) - 21.01100(Q0.012) - 30.10300(Q0.0.05) - \\ & 4.15300(Q0.1) + 613.12800(Q0.5) + 1338.00000(Q1) + 507.62600(Q5) + 1415.00000(Q10) - \\ & 2190.00000(Q50) + 2174.00000(Q100) - 920.86700(Q200) + 0.60600(\theta 0.012) + 1.99200(\theta 0.0.05) - \\ & 7.42900(\theta 0.1) - 8.44400(\theta 0.5) - 31.38100(\theta 1) - 13.54600(\theta 5) - 18.92300(\theta 10) + 41.03900(\theta 50) - \\ & 44.45400(\theta 100) + 20.83300(\theta 200) + 2.32900(\text{Weight}) + 31.09600(\text{Density}) + 0.01270(\text{Chroma}) + 1.019 \\ & 00(\text{GMD}) \end{aligned}$$

จากสมการ %Recovery พบว่า ค่าที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ inductance ที่ความถี่ 100 Hz

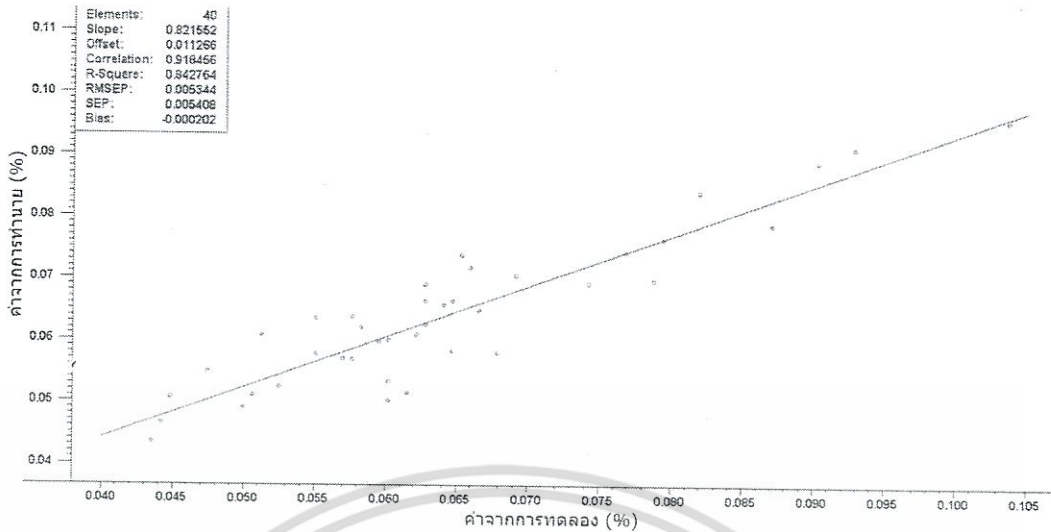
4.3 การสร้างสมการทำนายคุณภาพลับประดโดยใช้ค่าทางไฟฟ้า

4.3.1 titratable acidity predictive model



ภาพที่ 4.61 เปรียบเทียบค่า titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า Titratable acidity ของสับประด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle จำนวน 80 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับประดได้ 0.886 หรือประมาณ 89% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย Titratable acidity ของสับประดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.004 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.62 เปรียบเทียบค่า titratable acidity ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม calibration มาทำนายค่า titratable acidity ของสับปะรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาความสัมพันธ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.843 หรือประมาณ 84% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 0.005 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดลอง แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.13 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า titratable acidity เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า

Titratable acidity	
Calibration	
n	93
R^2	0.885
RMSEC (%)	0.004
SEC (%)	0.004
Validation	
n	40
R^2	0.843
RMSEV (%)	0.005
SEV (%)	0.005

Titratable acidity = $-0.730318 - 0.00003(C0.012) - 0.00041(C0.05) + 0.00124(C0.1) - 0.00489(C0.5) + 0.00661(C1) - 0.00066(C5) + 0.00153(C10) - 0.00302(C50) -$

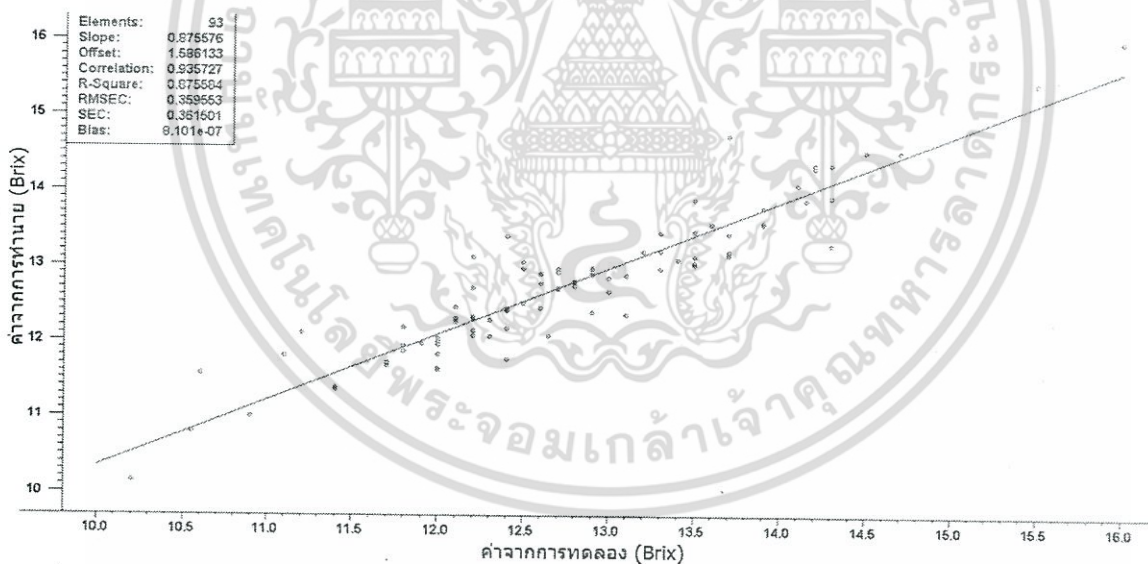
$0.24700(C100) + 0.27500(C200) - 0.00004(L0.012) + 0.00136(L0.05) - 0.00151(L0.1) - 0.01032(L0.5) -$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&0.00873(L1)+0.00000(L5)-0.25500(L10)+0.00846(L50)+3.81900(L100)+0.02253(L200)-0.00105 \\
&(Z0.012)+0.00331(Z0.05)+0.04416(Z0.1)-0.01397(Z0.5)+0.01966(Z1)-0.21300(Z5)+0.24800(Z10)- \\
&0.11200(Z50)-0.00401(Z100)-0.04082(Z200)+0.00029 (R1-0.012)-0.00594(R1-0.05)-0.00400(R1- \\
&0.1)-0.00514(R1-0.5)-0.05409(R1-1)+0.17000(R1-5)-0.11400(R1-10)0.03117(R1-50)-0.01954(R1- \\
&100)-0.00023(R1-200)-0.01752 (D0.012)+0.14900(D0.05)-0.15500(D0.1)+0.13100(D0.5)- \\
&0.08641(D1)+0.11600(D5)-0.11600(D10)-0.95900(D50)+2.19400(D100)-1.07400(D200)- \\
&0.00010(R2-0.012)+0.00545(R2-0.05)-2.18900(R2-0.1)+0.00208(R2-0.5)+0.01901(R2-1)- \\
&0.00799(R2-5)-0.01659(R2-10)+0.03422(R2-50)+0.01162(R2-100)+0.04994(R2-200)- \\
&0.08027(Q0.012)+0.68100(Q0.05)-0.02860(Q0.1)+4.80900(Q0.5)-0.53400(Q1)+9.97900(Q5)- \\
&5.04100(Q10)-1.88100(Q50)+4.32700(Q100)-1.98600(Q200)+0.00310(\theta 0.013)- \\
&0.02907(\theta 0.05)+0.05809(\theta 0.1)-0.08746(\theta 0.5)+0.01705(\theta 1)- \\
&0.26700(\theta 5)+0.16600(\theta 10)+0.07719(\theta 50)-0.18800(\theta 100)+0.08382(\theta 200)
\end{aligned}$$

จากสมการทำนาย Titratable acidity พบความสัมพันธ์จากสมการ quality factor ที่ความถี่ 5 Hz มีความสำคัญมากที่สุด

4.3.2 TSS predictive model



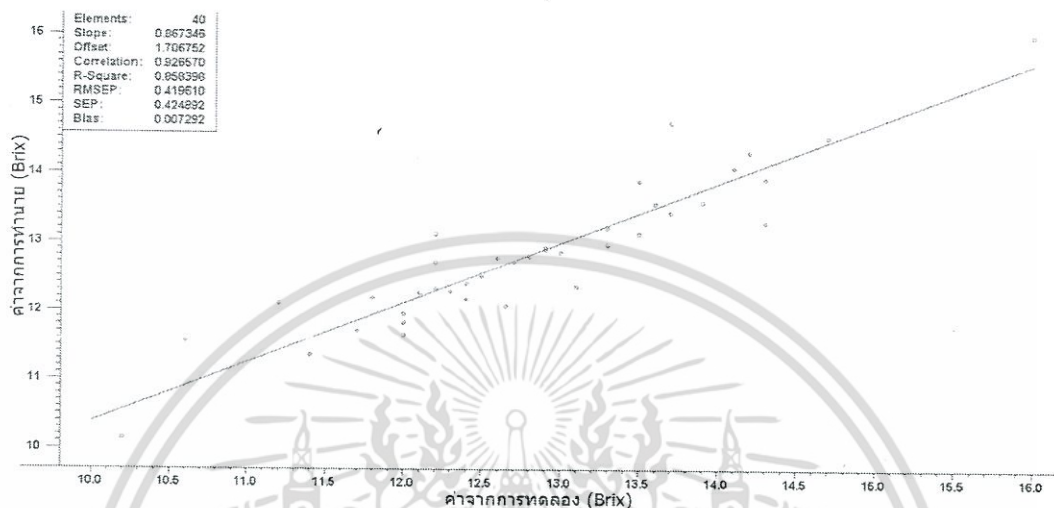
ภาพที่ 4.63 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า TSS ของสับปะรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่

capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle จำนวน 80 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกรดของน้ำส้มปรดได้ 0.936 หรือประมาณ 94% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย TSS ของส้มปรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.370⁰Brix เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อย และมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.64 เปรียบเทียบค่า TSS ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า TSS ของส้มปรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.858 หรือประมาณ 86 % เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามี ความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEP มีค่าเท่ากับ 0.419⁰Brix เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อย และมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.14 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า TSS เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า

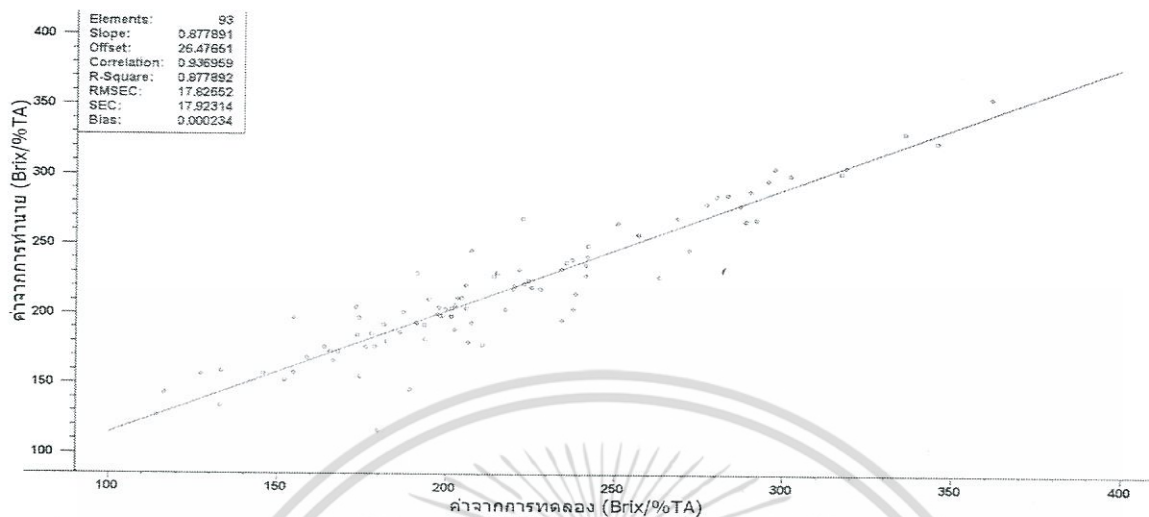
TSS	
Calibration	
n	93
R ²	0.936
RMSEC (⁰ Brix)	0.370
SEC (⁰ Brix)	0.361
Validation	
n	40
R ²	0.858
RMSEV (⁰ Brix)	0.419
SEV (⁰ Brix)	0.425

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} = & 26.547897 - 0.00293(\text{C0.012}) - 0.03310(\text{C0.05}) + 0.05292(\text{C0.1}) + 0.02101(\text{C0.5}) + 0.03680 \\
 & (\text{C1}) - 0.66700(\text{C5}) - 0.72900(\text{C10}) + 16.02700(\text{C50}) - 16.70600(\text{C100}) - 1.04000(\text{C200}) + 0.00912 \\
 & (\text{L0.012}) - 0.35900(\text{L0.05}) + 0.94800(\text{L0.1}) - 0.38200(\text{L0.5}) + 0.04437(\text{L1}) - 0.01264(\text{L5}) + 32.39500 \\
 & (\text{L10}) + 0.94000(\text{L50}) - 489.84600(\text{L100}) - 0.39300(\text{L200}) + 0.14300(\text{Z0.012}) - 0.54300(\text{Z0.05}) - 1.19900 \\
 & (\text{Z0.1}) + 1.20500(\text{Z0.5}) - 6.94600(\text{Z1}) + 25.97300(\text{Z5}) - 6.37800(\text{Z10}) - 1.14200(\text{Z50}) + 0.07576 \\
 & (\text{Z100}) - 2.00600(\text{Z200}) - 0.01721(\text{R1-0.012}) + 0.02877(\text{R1-0.5}) + 0.40300(\text{R1-0.1}) - 0.70000(\text{R1-} \\
 & \text{0.5}) + 7.02900(\text{R1-1}) - 15.21700(\text{R1-5}) + 3.99200(\text{R1-10}) + 1.41400(\text{R1-50}) + 1.22000(\text{R1-100}) + 0.01540 \\
 & (\text{R1200}) - 1.42200(\text{D0.012}) + 8.55600(\text{D0.05}) - 6.02800(\text{D0.1}) - 0.75300(\text{D0.5}) + 2.37100(\text{D1}) - \\
 & 22.67800(\text{D5}) + 41.43800(\text{D10}) - 60.21800(\text{D50}) + 36.59500(\text{D100}) + 0.19200(\text{D200}) - 0.05496(\text{R2-} \\
 & \text{0.012}) - 0.19700(\text{R2-0.05}) - 31.96200(\text{R2-0.1}) - 0.65400(\text{R2-0.5}) + 0.41000(\text{R2-1}) - 10.36700(\text{R2-} \\
 & \text{5}) + 1.70900(\text{R2-10}) + 8.55200(\text{R2-50}) - 15.02800(\text{R2-100}) + 9.64300(\text{R2-100}) - 2.31200 \\
 & (\text{Q0.012}) + 5.27500(\text{Q0.05}) + 1.64100(\text{Q0.1}) - 16.82000(\text{Q0.5}) + 297.23300(\text{Q1}) + 442.77000(\text{Q5}) - \\
 & 251.87100(\text{Q10}) - 227.31400(\text{Q50}) + 186.13600(\text{Q100}) - 31.84200(\text{Q200}) - 0.07093 \\
 & (\Theta 0.012) + 0.35000(\Theta 0.05) + 0.56200(\Theta 0.1) - 2.11200(\Theta 0.5) - 3.34100(\Theta 1) - 7.71500(\Theta 5) + 5.15500 \\
 & (\Theta 10) + 2.36300(\Theta 50) + 0.09963(\Theta 100) - 1.30800(\Theta 200)
 \end{aligned}$$

จากสมการทำนาย TSS พบความสัมพันธ์จากสมการ คือ inductance ที่ความถี่ 100 Hz มีความสำคัญมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

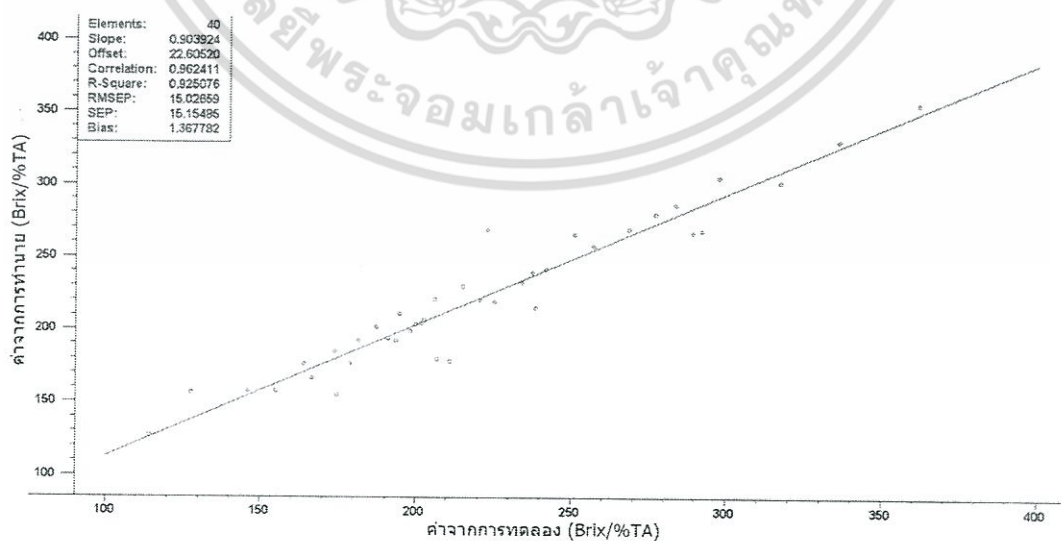
4.3.3 อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA predictive model



ภาพที่ 4.65 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้

จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับปะรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle จำนวน 80 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับปะรดได้ 0.878 หรือประมาณ 88% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับปะรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 17.827 Brix /%TA เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากการทดลอง แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.66 เปรียบเทียบค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้

จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม validation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม calibration มาทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับปะรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.925 หรือประมาณ 93% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 15.027 $^{\circ}\text{Brix} / \% \text{TA}$ เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.15 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่าอัตราส่วนระหว่าง TSS/TA เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA	
Calibration	
n	93
R^2	0.878
RMSEC ($^{\circ}\text{Brix}/\% \text{TA}$)	17.828
SEC ($^{\circ}\text{Brix}/\% \text{TA}$)	17.923
Validation	
n	40
R^2	0.925
RMSEV ($^{\circ}\text{Brix}/\% \text{TA}$)	15.027
SEV ($^{\circ}\text{Brix}/\% \text{TA}$)	16.155

$$\begin{aligned} \text{TSS/TA} = & 2190.047119 + 0.13500(C0.012) + 0.26500(C0.05) - 2.21500(C0.1) + \\ & 13.09000(C0.5) - 17.14900(C1) - 6.53300(C5) + 14.35500(C10) + 207.56900(C50) + 1180.00000(C100) - \\ & 1869.00000(C200) + 0.20300(L0.012) - 5.60200(L0.05) + 8.44500(L0.1) + 34.55800(L0.5) + \\ & 27.14400(L1) + 0.37700(L5) + 1617.00000(L10) - 13.96500(L50) - 24290.00000(L100) - \\ & 71.80000(L200) + 6.17500(Z0.012) - 15.63100(Z0.05) - 119.15700(Z0.1) + 4.04200(Z0.5) - \\ & 174.47600(Z1) + 1278.00000(Z5) - 1373.00000(Z10) + 349.70900(Z50) + 15.23300(Z100) + \\ & 262.41100(Z200) - 1.96800(R1-0.012) + 26.95600(R1-0.05) - 4.96700(R1-0.1) + 31.97600(R1- \\ & 0.5) + 285.45500(R1-1) - 1007.00000(R1-5) + 781.23500(R1-10) - 134.74200(R1-50) + 82.56600(R1- \\ & 100) + 0.18800(R1-200) + 11.34200(D0.012) - 199.23000(D0.05) + 162.67200(D0.1) - \\ & 179.92200(D0.5) + 115.57500(D1) - 335.16000(D5) + 665.29200(D10) + 1797.00000(D50) - \\ & 4875.00000(D100) + 2117.00000(D200) - 0.33900(R2-0.012) - 25.40200(R2-0.05) + 6735.00000(R2- \\ & 0.1) + 36.72100(R2-0.5) - 57.03800(R2-1) - 97.76000(R2-5) + 109.85100(R2-10) + 160.42400(R2-50) - \\ & 290.40700(R2-100) - 203.07500(R2-200) + 30.98200(Q0.012) - 1958.00000(Q0.05) + 84.16900(Q0.1) - \\ & 7185.00000(Q0.5) - 1078.00000(Q1) - 27350.00000(Q5) + 10980.00000(Q10) + 11650.00000(Q50) - \\ & 18520.00000(Q100) + 7835.00000(Q200) - 7.79400(\theta 0.012) + 86.07300(\theta 0.05) - \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$150.67000(\theta_{0.1})+19.17400(\theta_{0.5})+94.31100(\theta_1)+667.10900(\theta_5)-342.22400(\theta_{10})-472.65900(\theta_{50})+756.99000(\theta_{100})-283.07800(\theta_{200})$$

จากสมการทำนาย TSS/TA พบความสัมพันธ์จากสมการคือ quality factor ที่ความถี่ 5 Hz มีความสำคัญมากที่สุด

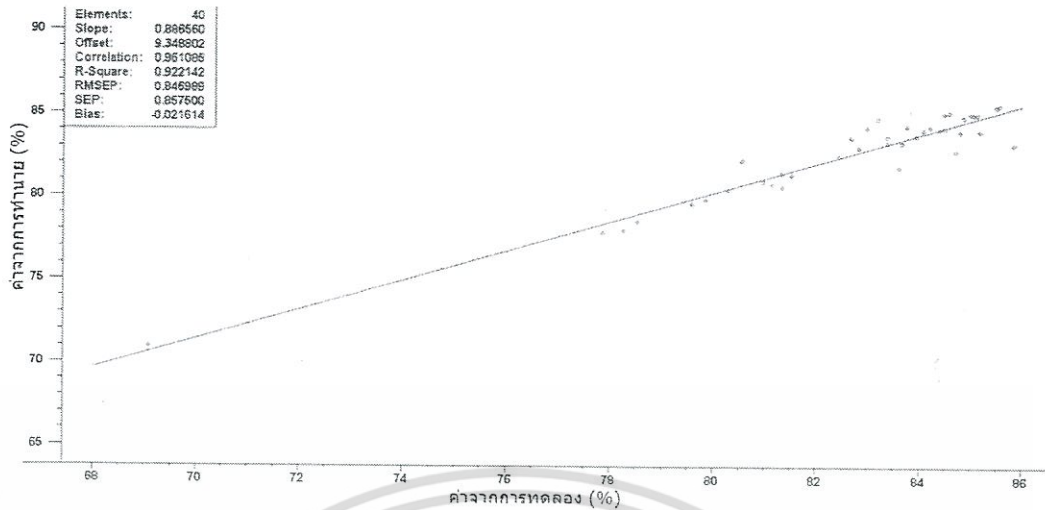
4.3.4 Moisture content predictive model



ภาพที่ 4.67 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า Moisture content ของสับปะรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle จำนวน 80 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับปะรดได้ 0.888 หรือประมาณ 89% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย Moisture content ของสับปะรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.872 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.68 เปรียบเทียบค่า Moisture content ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า Moisture content ของสับปรต จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสนใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.922 หรือประมาณ 92% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 0.847 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อย และมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.16 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Moisture content เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า

Moisture content	
Calibration	
n	93
R^2	0.888
RMSEC (%)	0.872
SEC (%)	0.877
Validation	
n	40
R^2	0.922
RMSEV (%)	0.847
SEV (%)	0.858

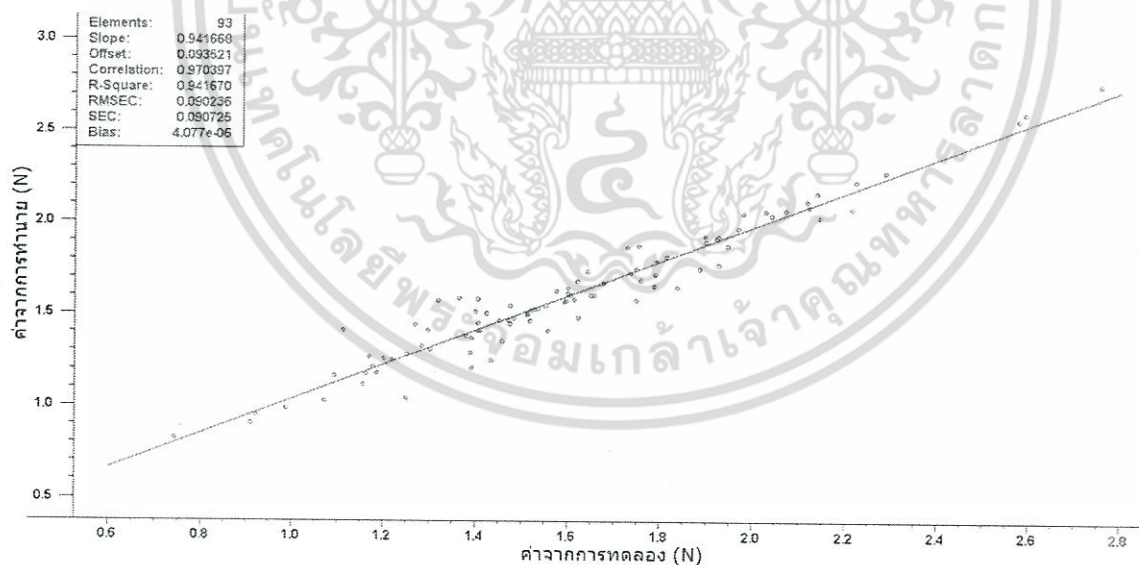
$$\text{Moisture content} = 183.033432 - 0.00187(C_{0.012}) - 0.01134(C_{0.05}) - 0.04567(C_{0.1}) + 0.32500(C_{0.5}) - 0.23800(C_1) - 1.31200(C_5) - 2.47200(C_{10}) + 52.20000(C_{50}) - 128.11600(C_{100}) + 117.98100(C_{200}) + 0.02644(L_{0.012}) - 0.09289(L_{0.05}) - 0.50800(L_{0.1}) -$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&0.58000(L0.5)+0.11300(L1)-0.08808(L5)+155.94500(L10)+1.20000(L50)- \\
&2350.00000(L100)+3.15400(L200)+0.31200(Z0.012)-0.49500(Z0.5)-5.25600(Z0.1)- \\
&2.49400(Z0.5)+1.20200(Z1)-22.90300(Z5)+81.76400(Z10)-20.23400(Z50)-0.12500(Z100)- \\
&25.05900(Z200)+0.10300(R1-0.012)-0.29200(R1-0.05)+1.05000(R1-0.1)+0.54800(R1-0.5)- \\
&2.04500(R1-1)+46.24700(R1-5)-68.69500(R1-10)+9.19100(R1-50)-0.99100(R1-100)-0.01947(R1- \\
&200)-9.21600(D0.012)+0.54300(D0.05)+18.90900(D0.1)-16.06400(D0.5)+3.02100(D1)- \\
&62.06500(D5)+107.14200(D10)-142.74700(D50)+37.83600(D100)+75.11700(D200)-0.03259(R2- \\
&0.012)-0.03287(R2-0.05)-272.75800(R2-0.1)-0.06691(R2-0.5)+1.51800(R2-1)-29.97000(R2- \\
&5)+13.46200(R2-10)-28.57700(R2-50)+24.87600(R2-100)+19.95600(R2-200)- \\
&14.42300(Q0.012)+282.23500(Q0.05)+5.05100(Q0.1)-1277.00000(Q0.5)- \\
&270.60500(Q1)+1970.00000(Q5)-1437.00000(Q10)- \\
&28.19800(Q50)+54.95000(Q100)+37.61300(Q200)+0.60100(\theta 0.012)- \\
&4.35700(\theta 0.05)+1.21600(\theta 0.1)+27.78100(\theta 0.5)+5.98900(\theta 1)- \\
&23.17300(\theta 5)+13.16400(\theta 10)+15.92800(\theta 50)-8.97900(\theta 100)-3.37700(\theta 200)
\end{aligned}$$

จากสมการทำนาย Moisture content พบความสัมพันธ์จากสมการคือ inductance ที่ความถี่ 100 Hz มีความสำคัญมากที่สุด

4.3.5 Texture predictive model

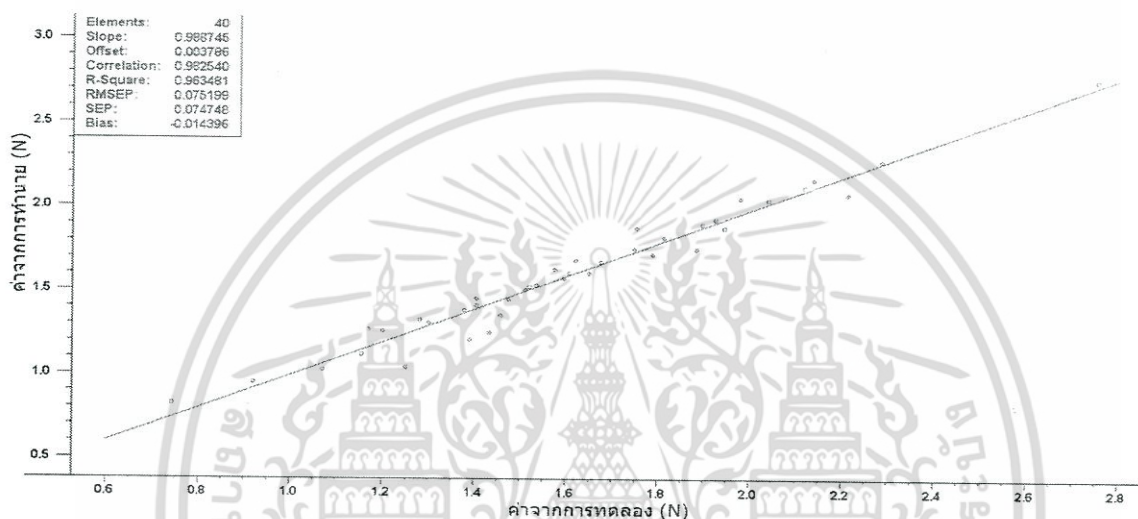


ภาพที่ 4.69 เปรียบเทียบค่า Texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า Texture ของสับประต จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle จำนวน 80 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มปรงได้ 0.942 หรือประมาณ 94% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย Texture ของส้มปรงได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 0.090 N เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 4.70 เปรียบเทียบค่า Texture ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Validation

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม Calibration มาทำนายค่า Texture ของส้มปรง จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.963 หรือประมาณ 96% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 0.075 N เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.17 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า texture เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า

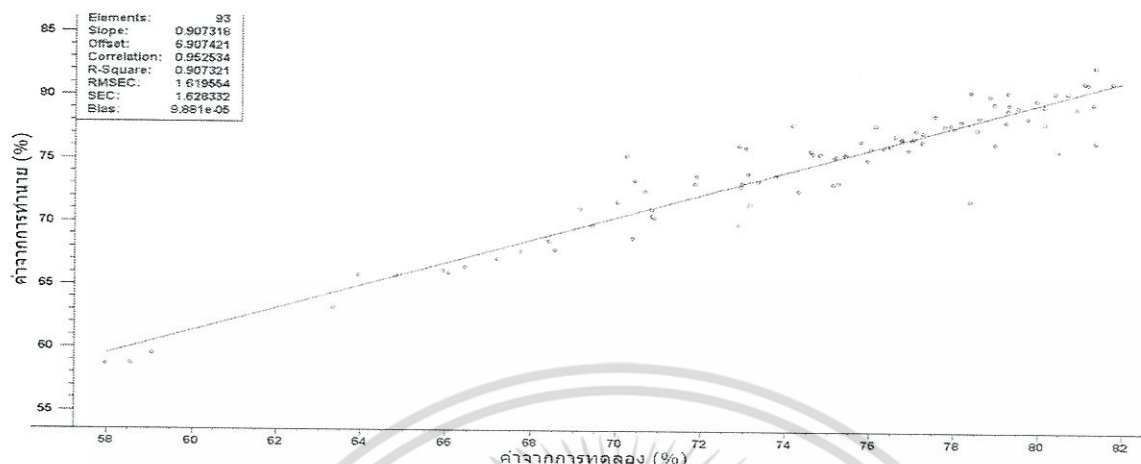
Texture	
Calibration	
n	93
R ²	0.942
RMSEC (N)	0.090
SEC (N)	0.091
Validation	
n	40
R ²	0.963
RMSEV (N)	0.075
SEV (N)	0.075

$$\begin{aligned} \text{Texture} = & 5.88471+0.00010(\text{C}0.012)-0.00108(\text{C}0.05)+0.00349(\text{C}0.1)-0.01289(\text{C}0.5)+0.02203(\text{C}1)- \\ & 0.02215(\text{C}5)+0.20400(\text{C}10)+1.77500(\text{C}50)-13.75900(\text{C}100)+14.39500(\text{C}200)+0.00092(\text{L}0.012)- \\ & 0.02413(\text{L}0.05)+0.07879(\text{L}0.1)+0.02298(\text{L}0.5)-0.01018(\text{L}1)+0.00571(\text{L}5)- \\ & 5.64100(\text{L}10)+0.01221(\text{L}50)+84.68600(\text{L}100)-0.12000(\text{L}200)+0.03996(\text{Z}0.012)-0.23300(\text{Z}0.05)- \\ & 0.73300(\text{Z}0.1)+0.83300(\text{Z}0.5)-1.01800(\text{Z}1)+6.43500(\text{Z}5)- \\ & 7.37900(\text{Z}10)+1.46800(\text{Z}50)+0.03029(\text{Z}100)+0.06503(\text{Z}200)-0.01236(\text{R}1-0.012)+0.24200(\text{R}1- \\ & 0.05)+0.10700(\text{R}1-0.1)-0.29100(\text{R}1-0.5)+0.98900(\text{R}1-1)-5.77600(\text{R}1-5)+6.39000(\text{R}1-10)- \\ & 1.87600(\text{R}1-50)+0.49600(\text{R}1-100)-0.00424(\text{R}1-200)-0.22500(\text{D}0.012)+0.34900(\text{D}0.05)- \\ & 1.06800(\text{D}0.1)+1.26000(\text{D}0.5)-0.66300(\text{D}1)+6.12000(\text{D}5)- \\ & 11.10600(\text{D}10)+0.41200(\text{D}50)+17.24700(\text{D}100)-14.60100(\text{D}200)-0.02478(\text{R}2-0.012)-0.04586(\text{R}2- \\ & 0.05)+12.48000(\text{R}2-0.1)-0.42200(\text{R}2-0.5)+0.08205(\text{R}2-1)-0.37900(\text{R}2-5)-0.31500(\text{R}2- \\ & 10)+3.36100(\text{R}2-50)-2.74700(\text{R}2-100)+0.23400(\text{R}2-200)+3.35300(\text{Q}0.012)- \\ & 9.40500(\text{Q}0.05)+0.60800(\text{Q}0.1)+88.06500(\text{Q}0.5)+184.09400(\text{Q}1)- \\ & 144.33100(\text{Q}5)+110.83100(\text{Q}10)-20.58700(\text{Q}50)+6.81500(\text{Q}100)-13.46400(\text{Q}200)- \\ & 0.11200(\theta 0.012)+0.39500(\theta 0.05)-0.34100(\theta 0.1)-1.50100(\theta 0.5)-4.19900(\theta 1)+2.30000(\theta 5)- \\ & 0.90300(\theta 10)-0.86400(\theta 50)+0.58600(\theta 100)+0.46400(\theta 200) \end{aligned}$$

จากสมการทำนาย Texture พบความสัมพันธ์จากสมการคือ quality factor ที่ความถี่ 1 Hz มีความสำคัญมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

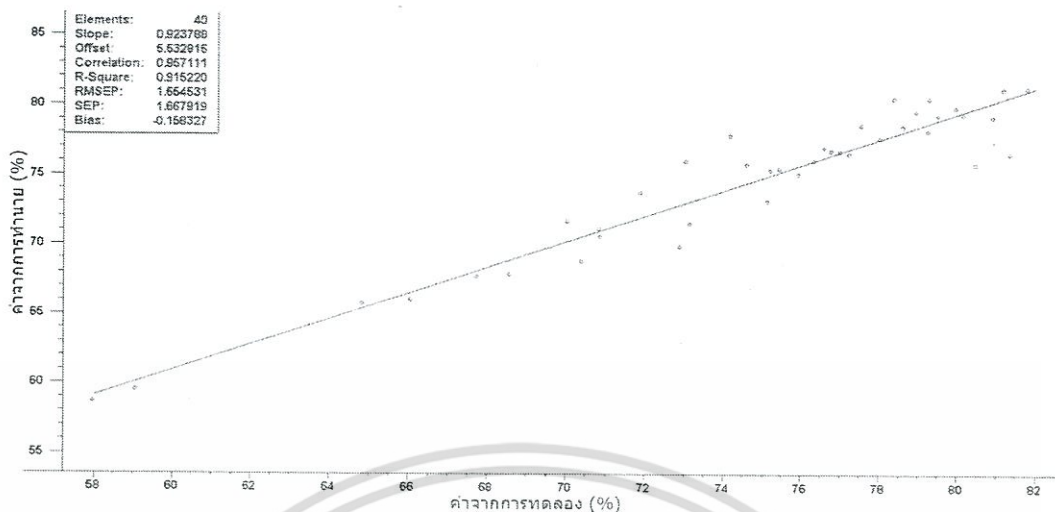
4.3.6 % recovery predictive model



ภาพที่ 4.71 เปรียบเทียบค่า % recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม Calibration

การทดสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยวิธี MLR เพื่อสร้างสมการทำนายค่า %Recovery ของสับประรด จำนวน 93 ลูก โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle จำนวน 80 ตัวแปรพร้อมกัน เพื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำสับประรดได้ 0.907 หรือประมาณ 91% ซึ่งค่าที่ได้บอกสมการหลายตัวแปรสามารถทำนาย titratable acidity ของสับประรดได้ในระดับดีมาก สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEC มีค่าเท่ากับ 1.620 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดสอบ แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.72 เปรียบเทียบค่า % recovery ที่ได้จริงจากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายของสมการหลายตัวแปรในกลุ่ม validation

การทวนสอบตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Unscrambler โดยการนำสมการที่ได้จากกลุ่ม calibration มาทำนายค่า % recovery ของสับปะรด จำนวน 40 ลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องจากการทดสอบ สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดได้ถูกต้อง 0.915 หรือประมาณ 92% เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ส่วน RMSEV มีค่าเท่ากับ 1.655 % เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณได้จากค่าการทดลอง แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดน้อยและมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.18 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า %Recovery เมื่อใช้ค่าทางไฟฟ้า

	%Recovery
Calibration	
n	93
R^2	0.907
RMSEC (%)	1.620
SEC (%)	1.628
Validation	
n	40
R^2	0.915
RMSEP (%)	1.665
SEP (%)	1.668

$$\% \text{ recovery} = 49.219246 - 0.01315(C0.012) + 0.09249(C0.05) - 0.03680(C0.1) -$$

$$0.33900(C0.5) + 0.41200(C1) - 0.30100(C5) + 1.12800(C10) - 106.24800(C50) + 238.60900(C100) -$$

$$126.60300(C200) + 0.00023(L0.012) - 0.01895(L0.05) + 1.44300(L0.1) + 2.15600(L0.5) - 1.36700(L1) -$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.11700(L5)-150.41400(L10)-0.42400(L50)+2264.00000(L100)+4.53600(L200)+0.10200(Z0.012)-
 3.97300(Z0.05)+7.75100(Z0.1)+20.86700(Z0.5)+32.68300(Z1)-95.66100(Z5)+118.54800(Z10)-
 51.30300(Z50)-1.18100(Z100)-11.13900(Z200)+0.00247(R1-0.012)+0.91500(R1-
 0.05)+0.23300(R1-0.1)-7.29800(R1-0.5)-34.30800(R1-1)+84.47600(R1-5)-77.25700(R1-
 10)+12.44800(R1-50)-2.84600(R1-100)+0.00538(R1-200)+13.20500(D0.012)-
 27.97400(D0.05)+20.70700(D0.1)-9.38100(D0.5)+9.15300(D1)+8.39600(D5)-
 42.88600(D10)+196.28300(D50)-260.16200(D100)+121.36700(D200)-0.18400(R2-
 0.012)+3.28200(R2-0.05)-53.89300(R2-0.1)-14.38800(R2-0.5)-0.61000(R2-1)-1.71900(R2-5)-
 11.59100(R2-10)+30.53700(R2-50)-27.02700(R2-100)+36.74500(R2-200)-
 51.18900(Q0.012)+240.99900(Q0.05)-5.43400(Q0.1)-
 338.67500(Q0.5)+476.57300(Q1)+1636.00000(Q5)+442.53000(Q10)-
 2031.00000(Q50)+2287.00000(Q100)-932.74800(Q200)+1.28300(θ 0.012)-4.34400(θ 0.05)-
 0.92100(θ 0.1)+7.91500(θ 0.5)-8.43700(θ 1)-30.93600(θ 5)-8.63900(θ 10)+53.03400(θ 50)-
 64.32000(θ 100)+26.32600(θ 200)

จากสมการทำนาย %Recovery พบความสัมพันธ์จากสมการคือ quality factor ที่ความถี่ 10 Hz มีความสำคัญมากที่สุด

4.4 การสร้างสมการทำนายคุณภาพสัประดโดยใช้ตัวแปรอิสระ

4.4.1 titratable acidity predictive model

ตารางที่ 4.19 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า titratable acidity เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ

	n	R ²	RMSEC(%)	SEC(%)
capacitance	93	0.081	0.013	0.013
inductance	93	0.131	0.012	0.012
impedance	93	0.151	0.011	0.012
resistance 1	93	0.140	0.012	0.012
resistance 2	93	0.147	0.012	0.012
dissipation factor	93	0.161	0.012	0.012
quality factor	93	0.212	0.012	0.012
phase angle	93	0.207	0.012	0.012
chroma, weight, density, GMD	93	0.216	0.012	0.012

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อสร้างสมการ MLR เพื่อทำนายค่า Titratable acidity ของสัประดโดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด การทำนายโดยตัวอย่างทั้งหมด 93 ลูก จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายตัวแปรตามได้ดีมาก นั้นแสดงว่าสมการดังกล่าวไม่สามารถพยากรณ์ค่า Titratable acidity ได้อย่างแม่นยำ เพราะค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในช่วง 0.081-0.216 หรือ 8.1%-21.6% ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายข้อมูลที่ผิดปกติ ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณได้ (RMSEC) ได้ค่า 0.011-0.013 % ซึ่งมีค่าความผิดพลาดน้อยแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ จากตารางที่ 4.19 จะเห็นว่ากลุ่มตัวแปรอิสระที่ให้ผลการทำนายค่า Titratable acidity ที่ดีที่สุดคือ chroma, weight, density, GMD เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด และกลุ่ม capacitance ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ต่ำที่สุด

4.4.2 TSS predictive model

ตารางที่ 4.20 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า TSS เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ

	n	R^2	RMSEC ($^{\circ}$ Brix)	SEC ($^{\circ}$ Brix)
capacitance	93	0.199	0.912	0.917
inductance	93	0.151	0.939	0.944
impedance	93	0.143	0.943	0.949
resistance 1	93	0.111	0.961	0.966
resistance 2	93	0.120	0.956	0.961
dissipation factor	93	0.223	0.899	0.904
quality factor	93	0.228	0.896	0.901
phase angle	93	0.220	0.900	0.905
chroma, vweight, density ,GMD	93	0.014	1.012	1.018

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อสร้างสมการ MLR เพื่อทำนายค่า TSS ของสับประรดโดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด การทำนายโดยตัวอย่างทั้งหมด 93 ลูก จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายตัวแปรตามได้ดีมาก นั้นแสดงว่าสมการดังกล่าวไม่สามารถพยากรณ์ค่า TSS ได้อย่างแม่นยำ เพราะค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในช่วง 0.014-0.228 หรือ 1.4%-22.8% ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายข้อมูลที่ผิดปกติ ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณได้ (RMSEC) ได้ค่า 0.896-1.012 $^{\circ}$ Brix ซึ่งมีค่าความผิดพลาดน้อยแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ จากตารางที่ 4.20 จะเห็นว่ากลุ่มตัวแปรอิสระที่ให้ผลการทำนายค่า TSS ที่ดีที่สุดคือ quality factor เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด และกลุ่ม chroma, weight, density, GMD ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA predictive model

ตารางที่ 4.21 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ

	n	R ²	RMSEC(⁰ Brix/%TA)	SEC(⁰ Brix/%TA)
capacitance	93	0.091	48.637	48.900
inductance	93	0.127	47.669	47.928
impedance	93	0.172	46.417	46.668
resistance 1	93	0.153	46.952	47.207
resistance 2	93	0.166	46.597	46.850
dissipation factor	93	0.157	46.853	47.106
quality factor	93	0.207	45.428	45.674
phase angle	93	0.189	45.956	46.205
chroma, vweight, density ,GMD	93	0.282	43.215	43.449

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อสร้างสมการ MLR เพื่อทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของสับปะรดโดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับปะรด การทำนายโดยตัวอย่างทั้งหมด 93 ลูก จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายตัวแปรตามได้ต่ำมาก นั่นแสดงว่าสมการดังกล่าวไม่สามารถพยากรณ์ค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ได้อย่างแม่นยำ เพราะค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในช่วง 0.091-0.282 หรือ 9.1%-28.2% ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายข้อมูลที่ผิดปกติ ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณได้ (RMSEC) ได้ค่า 43.215 – 48.637⁰Brix/%TA ซึ่งมีค่าความผิดพลาดน้อยแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมาก จากตารางที่ 4.21 จะเห็นว่ากลุ่มตัวแปรอิสระที่ให้ผลการทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ที่ดีที่สุดคือ chroma, weight, density, GMD เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) สูงที่สุด และกลุ่ม capacitance ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) ต่ำที่สุด

4.4.4 Moisture content predictive model

ตารางที่ 4.22 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า Moisture content เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ

	n	R ²	RMSEC(%)	SEC(%)
capacitance	93	0.115	2.457	2.470
inductance	93	0.146	2.414	2.427
impedance	93	0.121	2.447	2.462
resistance 1	93	0.119	2.452	2.465
resistance 2	93	0.184	2.359	2.372
dissipation factor	93	0.158	2.396	2.409
quality factor	93	0.197	2.341	2.353
phase angle	93	0.197	2.340	2.353
chroma, vweight, density ,GMD	93	0.263	2.242	2.254

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อสร้างสมการ MLR เพื่อทำนายค่า Moisture content ของสับปะรดโดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับปะรด การทำนายโดยตัวอย่างทั้งหมด 93 ลูก จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายตัวแปรตามได้ต่ำมาก นั่นแสดงว่าสมการดังกล่าวไม่สามารถพยากรณ์ค่า Moisture content ได้อย่างแม่นยำ เพราะค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในช่วง 0.115-0.263 หรือ 11.5%-26.3 %ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายข้อมูลที่ผิดปกติ ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณได้ (RMSEC) ได้ค่า 2.242-2.457% ซึ่งมีความผิดพลาดน้อยแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมาก จากตารางที่ 4.22 จะเห็นว่ากลุ่มตัวแปรอิสระที่ให้ผลการทำนายค่า Moisture content ที่ดีที่สุดคือ chroma, weight, density, GMD เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) สูงที่สุด และกลุ่ม capacitance ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) ต่ำที่สุด

4.4.5 texture predictive model

ตารางที่ 4.23 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า texture เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ

	n	R ²	RMSEC(N)	SEC(N)
capacitance	93	0.276	0.318	0.320
inductance	93	0.204	0.333	0.335
impedance	93	0.187	0.337	0.339
resistance 1	93	0.261	0.321	0.323
resistance 2	93	0.222	0.329	0.321
dissipation factor	93	0.257	0.322	0.324
quality factor	93	0.289	0.315	0.317
phase angle	93	0.282	0.317	0.319
chroma, vweight, density ,GMD	93	0.269	0.319	0.321

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อสร้างสมการ MLR เพื่อทำนายค่า Texture ของสับประรดโดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด การทำนายโดยตัวอย่างทั้งหมด 93 ลูก จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายตัวแปรตามได้ต่ำมาก นั่นแสดงว่าสมการดังกล่าวไม่สามารถพยากรณ์ค่า Texture ได้อย่างแม่นยำ เพราะค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในช่วง 0.187-0.289 หรือ 18.7%-28.9% ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายข้อมูลที่ผิดปกติ ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณได้ (RMSEC) ได้ค่า 0.314-0.335 N ซึ่งมีค่าความผิดพลาดน้อยแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมาก จากตารางที่ 4.23 จะเห็นว่ากลุ่มตัวแปรอิสระที่ให้ผลการทำนายค่า Texture ที่ดีที่สุดคือ quality factor เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) สูงที่สุด และกลุ่ม impedance ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) ต่ำที่สุด

4.4.6 % recovery predictive model

ตารางที่ 4.24 แสดงการพยากรณ์ค่าทางสถิติของสมการทำนายค่า %Recovery เมื่อใช้ตัวแปรอิสระ

	n	R ²	RMSEC(%)	SEC
capacitance	93	0.082	5.097	5.125
inductance	93	0.061	5.154	5.182
impedance	93	0.139	4.936	4.962
resistance 1	93	0.143	4.924	4.951
resistance 2	93	0.196	4.771	4.797
dissipation factor	93	0.143	4.924	4.950
quality factor	93	0.231	4.665	4.690
phase angle	93	0.227	4.678	4.702
chroma, vweight, density ,GMD	93	0.121	4.987	5.014

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อสร้างสมการ MLR เพื่อทำนายค่า %Recovery ของสับประรดโดยแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระออกเป็น 9 ชุด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ (0.012, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 และ 200 Hz) ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด การทำนายโดยตัวอย่างทั้งหมด 93 ลูก จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) พบว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายตัวแปรตามได้ดีมาก นั่นแสดงว่าสมการดังกล่าวไม่สามารถพยากรณ์ค่า %Recovery ได้อย่างแม่นยำ เพราะค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในช่วง 0.061-0.231 หรือ 6.1%-23.1% ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายข้อมูลที่ผิดปกติ ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมาณได้ (RMSEC) ได้ค่า 4.665-5.154 % ซึ่งมีค่าความผิดพลาดน้อยแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมาก จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่ากลุ่มตัวแปรอิสระที่ให้ผลการทำนายค่า % recovery ที่ดีที่สุดคือ quality factor เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) สูงที่สุด และกลุ่ม inductance ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) ต่ำที่สุด

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาเรื่อง การทำนายคุณภาพสับประรดแบบไม่ทำลาย โดยใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้า ได้ทำการศึกษาโดยใช้สับประรดสายพันธุ์ปัตตาเวีย โดยได้ข้อสรุปดังนี้

1.การทำนายค่า titratable acidity โดยการสร้างสมการจากตัวแปรอิสระหลายตัวแปร ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด พบว่าสมการที่ได้สามารถนำมาใช้ทำนายได้อย่างแม่นยำ

2.การทำนายค่า TSS โดยการสร้างสมการจากตัวแปรอิสระหลายตัวแปร ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด พบว่าสมการที่ได้สามารถนำมาใช้ทำนายได้อย่างแม่นยำ

3.การทำนายค่า อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA โดยการสร้างสมการจากตัวแปรอิสระหลายตัวแปร ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด พบว่าสมการที่ได้สามารถนำมาใช้ทำนายได้อย่างแม่นยำ

4.การทำนายค่า Moisture content โดยการสร้างสมการจากตัวแปรอิสระหลายตัวแปร ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด พบว่าสมการที่ได้สามารถนำมาใช้ทำนายได้อย่างแม่นยำ

5.การทำนายค่า Texture โดยการสร้างสมการจากตัวแปรอิสระหลายตัวแปร ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด พบว่าสมการที่ได้สามารถนำมาใช้ทำนายได้อย่างแม่นยำ

6.การทำนายค่า %Recovery โดยการสร้างสมการจากตัวแปรอิสระหลายตัวแปร ได้แก่ capacitance, inductance, impedance, resistance, dissipation factor, quality factor และ phase angle และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่า chroma, ค่า GMD และน้ำหนักของสับประรด พบว่าสมการที่ได้สามารถนำมาใช้ทำนายได้อย่างแม่นยำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการทำการทดลองอาจมีความผิดพลาดเนื่องมาจากการวัด ดังนั้นควรมีความระมัดระวังในการใช้เครื่องมือทุกครั้งเพื่อลดการคลาดเคลื่อนของการทดลองให้น้อยที่สุด

5.2.2 การไทเทรตต้องพิจารณาที่จุดยุติตามที่กำหนด เพื่อลดความผิดพลาดเมื่อนำไปคำนวณค่าความเป็นกรด และควรทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง

5.2.3 การวัดค่า TSS โดยใช้เครื่อง refractometer จะต้องทำการ Calibrate เครื่องก่อนใช้ทุกครั้ง และควรทำซ้ำ เพื่อให้ได้ค่า TSS ที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 การใช้เครื่อง LCR800 ต้องทำการ Calibrate เครื่องทุกครั้งก่อนทำการวัดค่าทางไฟฟ้า และต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องที่ทำการทดลอง เพื่อป้องกันการคาดเคลื่อนของค่าทางไฟฟ้า

5.2.5 จากความสัมพันธ์ของสมการทำนายคุณสมบัติต่างๆของสับประรดโดยใช้ค่าทางไฟฟ้าและตัวแปรอื่นๆ น่าจะมีการพัฒนาเครื่องมือการวัดที่สามารถใช้เวลาที่รวดเร็วในการวัด เพื่อลดระยะเวลาในการวัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับสับปะรด. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์ ชุมชุมสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. หน้า 3-30.
- โกศล. 2551. การวัดผลผลิตภาพสายการผลิตด้วย six sigma. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.technologymedia.co.th/PDF/etoday63_51/procuctivity.pdf.
24 มีนาคม 2559.
- จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 58.
- ใจทิพย์ วานิชขัง. 2553. คุณสมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยาและแสงที่สัมพันธ์กับการตัดคุณภาพของ
ผลแก้วมังกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. คณะอุตสาหกรรม
เกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิรนาม. 2554. ความจุไฟฟ้า (capacitance). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin>. 23 มีนาคม 2559.
- ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ และประสันต์ ชุ่มใจหาญ. 2555. RMSEC (Root Mean Square Error of Cross
Validation). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://nirsresearch.com/NP-24024-3.html>.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. 2549. Texture analysis. [ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0524/texture-analysis>.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. 2553. Moisture content. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0830/moisture-content>
- พิมพ์เพ็ญ. 2555. Total Soluble Solids / ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0997/total-soluble-solid>. 24 มีนาคม
2559.
- พฤกษ์.(2552). สับปะรดปัตตาเวีย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.gotoknow.org/posts/261198>. 3 พฤศจิกายน 2558.
- วิลเลียม. 2007. ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (Standard error of calibration,
SEC). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.foodnetworksolution.com/newsandarticles/article>
- วิลเลียม. 2007. ความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (Standard error of prediction, SEP
หรือ SEV). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.foodnetworksolution.com/newsandarticles/article>
- สโรบล สโรชวิสิต และ ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. 2554. ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพ
ของน้ำสับปะรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 34 ฉบับที่ 3 หน้า
203-215.
- สนธิสุข ธีระชัยชยดี. 2556. สถานการณ์ระบบคัดแยกคุณภาพผลไม้สดแบบออนไลน์ในประเทศไทย.
วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 หน้า 194-210.
- สุพจน์. 2552. บทที่ 2 ตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้ามาตรฐานและตัวเก็บประจุไฟฟ้ามาตรฐาน
(Standard Inductor and Capacitor). มาตรฐาน การสอบเทียบมาตรฐานไฟฟ้า.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2552: 063

สุวดี นำพาเจริญ และชลทิชา จำรัสพร. 2557. R-Squared. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ราคาสับปรดโรงงาน รายเดือนที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นาทั้งประเทศปี 2540-2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.oae.go.th/price/pineapple.pdf>.

4 พฤศจิกายน 2558

อดิศร. 2555. เฟสและเฟสเซอร์โคอะแกรม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly1/wiki/06f38/>. 24 มีนาคม 2559

Alexander, C. and S., Matthew 2006. Fundamentals of Electric. New York. USA:

McGraw-Hill

Ando, Y., K. Mizutani and N. Wakatsuki. 2014. Electrical impedance analysis of potato tissues during drying. *Journal of food engineering*. 121: 24-31.

Batholomew, D.P. and S.B Kadzimin. 1976. Porometer cup to measure leaf resistance of pineapple. *Crop Sci*. 16: 565-568.

Bhosale, A.A. and K.K Sundaram. 2014. Firmness prediction of the apple using capacitance measurement. *Procedia Technology* 163-167.

Harrington, R. F. 2001. Time-Harmonic Electromagnetic Fields. New York. USA : Reissued original 1961.

Jamshidi, B., S. Minaei, E. Mohajerani and H. Ghassemian. 2012. Reflectance Vis/NIR spectroscopy for 19 nondestructive taste characterization of Valencia oranges. *Comput. Electron. Agric*. 85: 64-69.

Kim, K., S. Lee, M. Kim and B. Cho. 2009. Determination of apple firmness by nondestructive ultrasonic 27 measurement. *Postharvest Biol. Technol*. 52(1): 44-48.

Kuson, P., A. Terdwongworakul. 2013. Minimally-destructive evaluation of durian maturity based on electrical impedance measurement. *Journal of Food Engineering*. 116: 50-5.

Masut, R., M. Alcaniz, A. Fuentes, F.C. Schmidt, J.M. Barat, L. Gil, D. Baigts, R.M. Manez and J. Soto. 2010. Design of a low-cost non-destructive system for punctual measurements of salt levels in food products using impedance spectroscopy. *Journal of Sensors and Actuators A: Physical*. 158: 217-223.

Pathaveerat, S., A. Terdwongworakul, A. Phaungsombut. 2008. Multivariate data analysis for classification of pineapple maturity. *Journal of Food Engineering*, 89 (2): 112-118.

Ramo, S., J.R. Whinnery and T. Van Duzer. 1994. Fields and Waves in Communication Electronics. New York. USA: John Wiley and Sons.

Repo, T., D.H. Paine and A.G. Taylor. 2002. Electrical impedance spectroscopy in relation to seed viability and moisture content in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Seed Science Research* 12: 17-29.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ruiz-Altisent, M., L. Ruiz-Garcia, G.P. Moredaa, Renfu Lu, N. Hernandez-Sanchez, E.C. Correa, B. Diezmaa, B. Nicolai, J. Garcia-Ramos. 2010. Sensors for product characterization and quality of specialty crops—A review, *Computers and Electronics in Agriculture* 74: 176–194.
- Srivichien, S., A. Terdwongworakul, S. Teerachaichayut. 2015. Quantitative prediction of nitrate level in intact pineapple using Vis–NIRS. *Journal of Food Engineering* 150: 29–34.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, and S. Pathaveerat. 2008. Multiple Parameters for Prediction of Translucent Flesh in Mangosteens. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol.X. Manuscript FP 08 007.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, K. Keawsumnuak, M. Rangsi and K. Seangkeaw. 2012. A Feasibility Study for the Nondestructive Detection of Granulation in Tangerine Fruit Using a Capacitance based Technique. *Proceedings of the CIGR-AgEng 2012: International Conference of Agricultural Engineering, Spain, 8-12 July, P0122*.
- Wanitchang, P., A. Terdwongworakul, J. Wanitchang, N. Nakawajana. 2011. Non-destructive maturity classification of mango based on physical, mechanical and optical properties. *Journal of Food Engineering*, 105: 477–484.
- Yokochi, H. and Y. Ohkura. 2014. Changes of bioelectrical impedance parameter during food processing, pp. 1-5. In special lecture in Sakura exchange program in science. Department of biosphere resources science. Graduate school of bio –agricultural sciences, Nagoya University, Japan.
- Zhang, L., M. and J. McCarthy. 2012. Measurement and evaluation of tomato maturity using magnetic 20 resonance imaging. *Postharvest Biol. Technol.* 67: 37–43.
- Zhu, X., W. Guo and X. Wu. 2012. Frequency- and temperature-dependent dielectric properties of fruit juices associated with pasteurization by dielectric heating. *Journal of food engineering*. 109: 258-266.
- Zywica, R., G. Pierzynowska-Korniak, J. Wojcik. 2005. Application of food products electrical model parameters for evaluation of apple pure e dilution. *Journal of food engineering*. 67: 413-418.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลจากการทดลอง

ก.1 ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$C_{0.012}$ (nF)	$C_{0.05}$ (nF)	$C_{0.1}$ (nF)	$C_{0.5}$ (nF)	C_1 (nF)
1	60.414	42.130	36.333	19.457	14.441
2	334.760	347.500	309.420	165.220	108.070
3	118.440	120.030	122.680	62.976	39.883
4	29.227	19.807	16.110	8.734	6.614
5	19.915	21.009	21.888	13.841	11.193
6	34.581	17.982	14.015	6.300	3.658
7	55.003	31.723	23.491	8.717	5.439
8	80.176	51.077	40.799	21.301	14.977
9	215.540	145.460	122.520	67.502	44.240
10	33.996	15.248	9.838	2.952	1.530
11	192.040	103.600	76.898	32.044	19.387
12	129.970	87.805	74.876	43.537	31.367
13	620.350	326.200	231.080	76.832	40.548
14	27.990	29.540	26.744	12.211	9.031
15	17.800	12.364	8.717	2.585	1.452
16	14.783	13.652	11.157	5.074	3.417
17	105.160	66.034	44.661	44.229	6.296
18	291.270	231.950	179.140	70.822	40.292
19	169.490	97.794	119.140	72.461	14.443
20	486.160	282.730	71.165	27.931	15.978
21	285.870	145.810	102.430	39.744	22.171
22	406.400	244.450	201.790	100.720	69.220
23	446.590	243.760	173.730	69.509	46.522
24	104.370	59.508	43.586	19.607	14.233
25	36.324	30.379	30.152	19.032	14.598
26	339.830	157.060	102.770	34.523	18.279
27	131.830	88.167	73.900	32.957	18.779

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	C _{0.012} (nF)	C _{0.05} (nF)	C _{0.1} (nF)	C _{0.5} (nF)	C ₁ (nF)
28	728.910	534.180	415.680	155.140	79.893
29	223.070	154.990	129.890	51.400	29.459
30	22.317	18.762	18.206	9.759	6.613
31	260.530	159.060	131.920	80.751	56.942
32	444.150	337.400	267.600	125.670	79.550
33	237.200	145.900	118.550	53.572	31.012
34	197.280	104.320	73.327	30.222	18.929
35	380.270	202.880	148.480	51.871	26.683
36	499.140	285.850	226.600	92.679	51.245
37	112.280	69.562	54.765	23.504	15.720
38	36.793	21.476	14.998	5.966	3.935
39	167.360	94.655	68.285	32.675	22.119
40	291.010	138.390	93.916	31.631	16.187
41	582.210	323.910	231.110	71.667	36.264
42	197.310	112.220	89.253	40.564	24.267
43	245.740	182.050	153.280	44.193	20.070
44	623.850	339.820	266.210	109.200	59.036
45	156.770	134.140	112.960	45.442	1.197
46	886.540	509.530	367.570	146.640	93.796
47	1196.700	651.210	441.240	118.520	55.618
48	328.300	154.470	120.060	46.363	27.076
49	898.990	411.640	279.260	104.830	56.539
50	1270.000	842.510	617.980	163.990	78.605
51	553.920	419.980	333.480	116.520	57.094
52	478.740	411.360	371.420	182.560	118.780
53	674.370	458.170	344.270	145.690	86.087
54	803.500	549.890	416.360	124.930	57.740
55	620.590	621.680	513.060	203.390	104.070
56	1000.400	650.790	487.600	189.280	106.400
57	866.610	584.970	473.100	205.920	112.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	C _{0.012} (nF)	C _{0.05} (nF)	C _{0.1} (nF)	C _{0.5} (nF)	C ₁ (nF)
58	1098.800	616.930	458.140	172.830	89.358
59	549.130	384.210	310.820	155.750	97.905
60	1470.000	864.910	685.530	311.960	174.650
61	19.377	25.127	22.886	7.399	27.646
62	673.510	413.310	316.270	153.410	99.907
63	975.440	489.220	346.450	136.410	74.570
64	268.290	157.700	116.010	32.222	14.623
65	545.340	384.750	330.830	117.190	59.560
66	182.530	156.330	133.140	38.805	17.683
67	959.510	626.690	483.480	181.690	96.887
68	550.150	288.280	242.030	114.090	69.292
69	256.560	179.940	145.370	70.074	45.247
70	274.510	185.420	142.170	45.128	21.158
71	710.670	476.480	377.970	171.890	100.920
72	44.399	36.558	34.451	8.884	4.624
73	224.460	141.210	117.440	53.212	33.908
74	248.860	207.080	166.710	50.506	21.611
75	116.210	105.050	88.652	47.582	36.487
76	295.460	162.370	104.930	17.410	7.885
77	1456.500	815.780	584.470	203.470	124.600
78	503.440	319.560	239.320	95.287	52.526
79	793.950	550.800	431.360	161.710	85.828
80	988.340	745.760	619.150	211.800	107.350
81	743.450	505.310	386.070	147.000	74.479
82	663.830	399.460	320.180	130.510	69.119
83	1735.800	1045.300	815.290	299.230	157.160
84	744.140	528.070	415.530	186.560	112.400
85	1397.700	876.090	674.780	250.290	128.900
86	567.560	388.650	293.500	89.458	40.452
87	972.550	700.180	549.540	231.660	130.810

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$C_{0.012}$ (nF)	$C_{0.05}$ (nF)	$C_{0.1}$ (nF)	$C_{0.5}$ (nF)	C_1 (nF)
88	1768.200	1068.200	761.250	218.430	98.423
89	1490.200	873.540	654.170	219.320	109.870
90	1002.100	562.810	369.380	124.370	67.103
91	645.220	337.970	236.200	69.057	32.803
92	1059.200	632.240	446.730	122.290	56.302
93	1683.200	964.020	702.590	223.500	106.470



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	C ₅ (nF)	C ₁₀ (nF)	C ₅₀ (nF)	C ₁₀₀ (nF)	C ₂₀₀ (nF)
1	4.630	2.483	0.476	0.264	0.162
2	20.658	9.473	2.233	1.471	1.031
3	7.226	3.245	0.764	0.498	0.498
4	2.522	1.462	0.370	0.216	0.141
5	3.563	1.866	0.363	0.196	0.117
6	0.661	0.319	0.094	0.067	0.052
7	1.325	0.783	0.314	0.235	0.180
8	4.311	2.315	0.653	0.420	0.281
9	8.567	3.669	0.678	0.398	0.251
10	0.302	0.162	0.057	0.044	0.037
11	3.750	1.779	0.426	0.272	0.189
12	6.162	2.798	0.643	0.420	0.293
13	6.950	3.490	0.999	0.659	0.451
14	2.093	1.077	0.271	0.171	0.118
15	0.403	0.251	0.107	0.079	0.062
16	0.937	0.573	0.181	0.128	0.093
17	1.193	0.615	0.191	0.128	0.091
18	7.404	3.440	0.813	0.523	0.359
19	3.166	1.462	0.284	0.149	0.085
20	3.322	1.744	0.512	0.335	0.228
21	3.760	1.691	0.363	0.210	0.133
22	17.616	8.614	1.699	0.871	0.460
23	8.236	3.980	0.944	0.616	0.375
24	4.999	2.806	0.675	0.395	0.242
25	3.611	1.733	0.375	0.220	0.136
26	3.175	1.535	0.380	0.216	0.130
27	3.148	1.444	0.353	0.231	0.162
28	10.668	4.769	1.253	0.858	0.621
29	4.843	2.245	0.553	0.370	0.262
30	1.263	0.587	0.119	0.076	0.058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	C ₅ (nF)	C ₁₀ (nF)	C ₅₀ (nF)	C ₁₀₀ (nF)	C ₂₀₀ (nF)
31	15.443	7.948	1.887	1.151	0.747
32	17.346	1.324	1.973	1.229	0.835
33	5.220	2.432	0.596	0.368	0.238
34	3.816	1.756	0.335	0.188	0.121
35	4.034	1.930	0.510	0.338	0.234
36	7.282	3.309	0.782	0.521	0.364
37	3.238	1.638	0.465	0.329	0.244
38	0.995	0.551	0.153	0.101	0.072
39	5.069	2.426	0.576	0.366	0.249
40	2.459	1.133	0.264	0.160	0.106
41	5.412	5.407	2.537	0.664	0.442
42	3.848	1.692	0.331	0.190	0.117
43	2.922	1.537	0.532	0.390	0.307
44	8.414	3.644	0.728	0.423	0.265
45	5.171	2.331	0.466	0.282	0.184
46	21.835	10.645	2.149	1.130	0.605
47	8.411	3.954	1.002	0.661	0.462
48	4.558	1.960	0.362	0.203	0.124
49	8.647	3.929	0.850	0.483	0.280
50	11.655	5.414	1.502	1.050	0.779
51	7.192	0.758	0.924	0.652	0.484
52	23.656	10.822	2.223	1.325	0.824
53	1.176	7.130	1.545	0.918	0.580
54	7.443	3.481	0.962	0.664	0.484
55	13.565	5.794	1.221	0.755	0.504
56	17.363	7.875	1.793	1.113	0.728
57	15.211	6.501	1.379	0.851	0.568
58	12.424	5.538	1.237	0.758	0.491
59	18.795	8.494	1.690	0.947	0.545
60	26.770	11.991	2.487	1.391	0.799

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	C ₅ (nF)	C ₁₀ (nF)	C ₅₀ (nF)	C ₁₀₀ (nF)	C ₂₀₀ (nF)
61	0.624	0.309	0.096	0.067	0.052
62	20.237	8.986	1.538	0.802	0.446
63	10.766	4.776	1.060	0.632	0.396
64	2.403	1.318	0.410	0.271	0.186
65	8.537	3.960	1.016	0.675	0.479
66	2.581	1.306	0.418	0.297	0.219
67	14.974	6.876	1.499	0.890	0.559
68	11.506	5.264	1.207	0.709	0.429
69	9.986	4.616	1.030	0.655	0.449
70	2.878	1.415	0.414	0.285	0.204
71	16.550	7.241	1.395	0.819	0.525
72	0.818	0.469	0.174	0.128	0.097
73	7.350	3.605	0.885	0.555	0.366
74	2.612	1.286	0.416	0.299	0.223
75	12.050	6.690	1.472	0.822	0.476
76	1.650	0.978	0.355	0.244	0.173
77	22.936	11.127	2.709	1.648	1.045
78	8.028	3.425	0.688	0.420	0.275
79	12.355	5.636	1.387	0.898	0.605
80	14.396	6.633	1.731	1.164	0.813
81	9.777	4.307	1.010	0.655	0.455
82	9.279	3.830	0.714	0.424	0.277
83	24.269	11.355	2.619	1.553	0.962
84	21.607	10.443	2.522	1.499	0.915
85	18.620	8.493	1.942	1.218	0.817
86	5.572	2.673	0.746	0.509	0.367
87	20.171	8.816	1.730	0.990	0.609
88	12.999	6.167	1.704	1.138	0.800
89	16.439	7.686	1.858	1.157	0.762
90	11.105	5.094	1.135	0.674	0.423

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า Capacitance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	C_5 (nF)	C_{10} (nF)	C_{50} (nF)	C_{100} (nF)	C_{200} (nF)
91	4.259	1.767	0.302	0.163	0.101
92	8.077	3.834	1.054	0.695	0.477
93	14.552	6.498	1.472	0.909	0.597



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$L_{0.012}(H)$	$L_{0.05}(H)$	$L_{0.1}(H)$	$L_{0.5}(H)$	$L_1(H)$
1	-2758.300	-235.420	-68.321	-5.118	-1.729
2	-488.050	-28.462	-8.055	-0.605	-0.233
3	-1273.700	-82.356	-20.105	-1.586	-0.633
4	-5985.600	-506.750	-154.230	-11.436	-3.815
5	-7739.400	-452.370	-111.430	-7.111	-2.213
6	-5049.200	-560.550	-180.170	-16.038	-6.898
7	-3095.500	-309.870	-106.660	-11.466	-4.652
8	-2115.800	-196.860	-61.613	-4.717	-1.683
9	-806.280	-69.330	-20.513	-1.493	-0.571
10	-5071.000	-664.100	-259.080	-34.298	-16.576
11	-907.990	-97.096	-32.788	-3.144	-1.300
12	-1271.200	-110.900	-33.261	-2.249	-0.799
13	-285.370	-30.967	-10.946	-1.316	-0.623
14	-5394.300	-317.070	-92.265	-8.150	-2.766
15	-8452.100	-784.420	-291.010	-39.524	-17.440
16	-10237.000	-716.110	-222.510	-19.618	-7.336
17	-1564.200	-152.150	-56.436	-57.219	-4.010
18	-614.560	-43.061	-14.042	-1.429	-0.627
19	-1020.800	-103.890	-87.306	-35.503	-1.771
20	-359.380	-35.656	-35.878	-3.645	-1.587
21	-618.150	-69.323	-24.864	-2.555	-1.145
22	-398.180	-41.323	-12.490	-1.000	-0.364
23	-392.010	-41.589	-14.491	-1.454	-0.556
24	-1586.100	-167.050	-57.554	-5.085	-1.759
25	-4766.300	-309.690	-80.819	-5.211	-1.714
26	-496.890	-64.940	-24.736	-2.941	-1.332
27	-1325.300	-113.950	-34.051	-3.059	-1.338
28	-228.650	-18.728	-6.038	-0.651	-0.316
29	-710.320	-62.466	-19.115	-1.936	-0.853
30	-7033.400	-515.440	-133.460	-10.040	-3.757

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$L_{0.012}(H)$	$L_{0.05}(H)$	$L_{0.1}(H)$	$L_{0.5}(H)$	$L_1(H)$
31	-653.790	-62.629	-18.731	-1.237	-0.442
32	-377.340	-29.881	-9.392	-0.803	-0.318
33	-723.380	-68.767	-21.114	-1.878	-0.813
34	-880.240	-96.973	-34.646	-3.344	-1.334
35	-458.320	-49.680	-16.966	-1.942	-0.947
36	-338.930	-35.122	-11.034	-1.079	-0.489
37	-1435.400	-141.550	-45.565	-4.197	-1.589
38	-4468.400	-456.860	-165.180	-16.746	-6.449
39	-1009.000	-107.010	-37.043	-3.093	-1.140
40	-608.570	-73.470	-27.027	-3.207	-1.567
41	-286.140	-30.619	-10.864	-1.409	-0.699
42	-876.900	-88.844	-27.993	-2.476	-1.036
43	-670.110	-52.584	-16.270	-2.273	-1.254
44	-277.340	-29.392	-9.467	-0.926	-0.429
45	-1040.600	-73.136	-22.278	-2.222	-21.064
46	-195.650	-19.806	-6.850	-0.681	-0.269
47	-144.900	-15.474	-5.723	-0.855	-0.455
48	-523.100	-59.540	-21.095	-2.188	-0.936
49	-192.730	-24.767	-8.788	-0.963	-0.448
50	-134.920	-11.973	-4.090	-0.616	-0.319
51	-300.350	-23.447	-7.571	-0.865	-0.443
52	-350.310	-23.238	-6.649	-0.551	-0.211
53	-244.500	-21.854	-7.320	-0.692	-0.293
54	-199.710	-18.224	-6.047	-0.809	-0.438
55	-245.060	-15.987	-4.907	-0.496	-0.243
56	-170.540	-15.399	-5.153	-0.532	-0.237
57	-194.520	-17.014	-5.312	-0.489	-0.225
58	-159.950	-16.382	-5.522	-0.586	-0.283
59	-315.990	-26.106	-8.111	-0.649	-0.258
60	-117.220	-11.688	-3.685	-0.324	-0.145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$L_{0.012}(H)$	$L_{0.05}(H)$	$L_{0.1}(H)$	$L_{0.5}(H)$	$L_1(H)$
61	-6741.600	-352.610	-108.400	-13.469	-89.929
62	-247.930	-24.373	-7.971	-0.657	-0.253
63	-179.680	-20.691	-7.278	-0.740	-0.339
64	-616.300	-63.792	-21.676	-3.142	-1.735
65	-309.100	-23.477	-7.589	-0.860	-0.424
66	-885.370	-62.159	-18.801	-2.590	-1.423
67	-173.230	-15.898	-5.194	-0.555	-0.260
68	-313.500	-34.837	-10.366	-0.882	-0.364
69	-658.630	-55.796	-17.209	-1.436	-0.557
70	-572.910	-53.783	-17.655	-2.212	-1.189
71	-245.430	-21.025	-6.665	-0.587	-0.250
72	-3246.500	-252.560	-69.240	-10.857	-5.328
73	-727.760	-66.685	-21.330	-1.890	-0.740
74	-637.410	-49.148	-15.017	-1.998	-1.170
75	-1211.500	-89.889	-28.016	-2.076	-0.682
76	-536.060	-57.492	-23.967	-5.800	-3.198
77	-117.540	-12.189	-4.294	-0.490	-0.201
78	-334.570	-31.291	-10.529	-1.060	-0.481
79	-210.730	-18.105	-5.807	-0.623	-0.288
80	-163.780	-13.104	-4.012	-0.472	-0.234
81	-230.530	-19.904	-6.529	-0.687	-0.339
82	-265.450	-25.249	-7.912	-0.777	-0.367
83	-97.119	-9.526	-3.077	-0.337	-0.161
84	-226.380	-18.937	-6.052	-0.540	-0.224
85	-118.590	-11.480	-3.733	-0.404	-0.196
86	-288.740	-25.647	-8.596	-1.132	-0.626
87	-176.080	-14.364	-4.589	-0.435	-0.193
88	-96.842	-9.454	-3.322	-0.464	-0.257
89	-116.190	-11.488	-3.864	-0.462	-0.231
90	-169.630	-17.974	-6.863	-0.815	-0.378

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$L_{0.012}(H)$	$L_{0.05}(H)$	$L_{0.1}(H)$	$L_{0.5}(H)$	$L_1(H)$
91	-265.760	-29.656	-10.657	-1.466	-0.772
92	-165.110	-15.858	-5.659	-0.828	-0.450
93	-101.220	-10.478	-3.590	-0.453	-0.238



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	L ₅ (H)	L ₁₀ (H)	L ₅₀ (H)	L ₁₀₀ (H)	L ₂₀₀ (H)
1	-0.213	-0.101	-0.021	-0.010	-0.004
2	-0.049	-0.027	-0.005	-0.002	-0.001
3	-0.140	-0.078	-0.013	-0.005	-0.005
4	-0.400	-0.173	-0.027	-0.012	-0.004
5	-0.281	-0.134	-0.028	-0.013	-0.005
6	-1.529	-0.791	-0.107	-0.037	-0.012
7	-0.763	-0.322	-0.032	-0.011	-0.004
8	-234.450	-0.109	-0.016	-0.006	-0.002
9	-0.118	-0.069	-0.015	-0.006	-0.003
10	-3.329	-1.567	-0.177	-0.058	-0.017
11	-0.269	-0.142	-0.024	-0.009	-0.003
12	-0.164	-0.091	-0.016	-0.006	-0.002
13	-0.145	-0.072	-0.010	-0.004	-0.001
14	-0.480	-0.233	-0.037	-0.015	-0.005
15	-2.508	-1.013	-0.095	-0.032	-0.010
16	-1.073	-0.437	-0.056	-0.020	-0.007
17	-0.850	-0.412	-0.053	-0.020	-0.007
18	-0.137	-0.074	-0.012	-0.005	-0.002
19	-0.322	-0.174	-0.036	-0.017	-0.007
20	-0.305	-0.145	-0.020	-0.008	-0.003
21	-0.270	-0.150	-0.028	-0.012	-0.005
22	-0.057	-0.029	-0.006	-0.003	-0.001
23	-0.123	-0.064	-0.011	-0.004	-0.002
24	-0.201	-0.089	-0.015	-0.006	-0.003
25	-0.279	-0.146	-0.027	-0.011	-0.005
26	-0.319	-0.164	-0.027	-0.012	-0.005
27	-0.321	-0.175	-0.029	-0.011	-0.004
28	-0.095	-0.053	-0.008	-0.003	-0.001
29	-0.208	-0.112	-0.018	-0.007	-0.002
30	-0.790	-0.425	-0.084	-0.033	-0.011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$L_5(H)$	$L_{10}(H)$	$L_{50}(H)$	$L_{100}(H)$	$L_{200}(H)$
31	-0.065	-0.032	-0.005	-0.002	-0.001
32	-0.058	-0.191	-0.005	-0.002	-0.001
33	-0.193	-0.104	-0.017	-0.007	-0.003
34	-0.265	-0.143	-0.030	-0.013	-0.005
35	-0.250	-0.131	-0.020	-0.007	-0.003
36	-0.138	-0.076	-0.013	-0.005	-0.002
37	-0.310	-0.153	-0.022	-0.008	-0.003
38	-1.005	-0.457	-0.066	-0.025	-0.009
39	-0.200	-0.104	-0.018	-0.007	-0.003
40	-0.413	-0.224	-0.038	-0.016	-0.006
41	-0.187	-0.187	-0.100	-0.015	-0.006
42	-0.262	-0.149	-0.031	-0.013	-0.005
43	-0.345	-0.164	-0.019	-0.006	-0.002
44	-0.120	-0.070	-0.014	-0.006	-0.002
45	-0.195	-0.108	-0.022	-0.009	-0.003
46	-0.046	-0.024	-0.005	-0.002	-0.001
47	-0.120	-0.064	-0.010	-0.004	-0.001
48	-0.222	-0.129	-0.028	-0.012	-0.005
49	-0.117	-0.064	-0.012	-0.005	-0.002
50	-0.087	-0.047	-0.007	-0.002	-0.001
51	-0.141	-0.334	-0.011	-0.004	-0.001
52	-0.043	-0.023	-0.005	-0.002	-0.001
53	-0.859	-0.035	-0.007	-0.003	-0.001
54	-0.136	-0.073	-0.011	-0.004	-0.001
55	-0.074	-0.044	-0.008	-0.003	-0.001
56	-0.058	-0.032	-0.006	-0.002	-0.001
57	-0.067	-0.039	-0.007	-0.003	-0.001
58	-0.082	-0.046	-0.008	-0.003	-0.001
59	-0.054	-0.030	-0.006	-0.003	-0.001
60	-0.038	-0.021	-0.004	-0.002	-0.001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$L_5(H)$	$L_{10}(H)$	$L_{50}(H)$	$L_{100}(H)$	$L_{200}(H)$
61	-1.614	-0.812	-0.105	-0.037	-0.012
62	-0.050	-0.028	-0.007	-0.003	-0.001
63	-0.094	-0.053	-0.010	-0.004	-0.002
64	-0.422	-0.190	-0.025	-0.009	-0.003
65	-0.119	-0.064	-0.010	-0.004	-0.001
66	-0.391	-0.193	-0.024	-0.008	-0.003
67	-0.068	-0.037	-0.007	-0.003	-0.001
68	-0.088	-0.048	-0.008	-0.004	-0.001
69	-101.300	-0.055	-0.010	-0.004	-0.001
70	-0.351	-0.178	-0.024	-0.009	-0.003
71	-0.061	-0.035	-0.007	-0.003	-0.001
72	-1.226	-0.536	-0.058	-0.020	-0.006
73	-0.137	-0.070	-0.011	-0.005	-0.002
74	-0.387	-0.196	-0.024	-0.008	-0.003
75	-0.083	-0.038	-0.007	-0.003	-0.001
76	-0.612	-0.258	-0.028	-0.010	-0.004
77	-0.044	-0.023	-0.004	-0.002	-0.001
78	-0.126	-0.074	-0.015	-0.006	-0.002
79	-0.082	-0.045	-0.007	-0.003	-0.001
80	-0.070	-0.038	-5.829	-0.002	-0.001
81	-0.103	-0.059	-0.010	-0.004	-1.391
82	-0.109	-0.066	-0.014	-0.006	-0.002
83	1.000	-0.022	-0.004	-0.002	-0.001
84	-0.047	-0.024	-0.004	-0.002	-0.001
85	-0.054	-0.030	-0.005	-0.002	-0.001
86	-0.182	-0.095	-0.014	-0.005	-0.002
87	-0.050	-0.029	-0.006	-0.003	-0.001
88	-0.078	-0.041	-0.006	-0.002	-0.001
89	-61.628	-32.959	-5.457	-2.191	-0.831
90	-0.091	-0.050	-0.009	-0.004	-0.001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า Inductance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$L_5(H)$	$L_{10}(H)$	$L_{50}(H)$	$L_{100}(H)$	$L_{200}(H)$
91	-0.237	-0.143	-0.034	-0.015	-0.006
92	-0.126	-0.066	-0.010	-0.004	-1.329
93	-0.070	-0.039	-0.007	-0.003	-0.001



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$Z_{0.012}$ (kOhm)	$Z_{0.05}$ (kOhm)	$Z_{0.1}$ (kOhm)	$Z_{0.5}$ (kOhm)	Z_1 (kOhm)
1	273.170	116.770	75.160	41.821	32.892
2	40.676	13.800	10.006	6.940	6.234
3	100.840	41.724	27.518	19.239	17.318
4	498.150	202.970	132.690	60.600	45.688
5	584.090	191.590	108.050	54.405	42.992
6	615.310	314.460	240.440	170.190	152.310
7	369.210	184.560	137.270	84.624	68.284
8	206.730	86.410	58.612	30.647	25.125
9	79.356	35.058	26.394	19.351	17.959
10	838.880	557.490	467.440	340.980	301.610
11	115.290	64.501	50.697	36.107	32.088
12	135.240	54.608	37.712	23.022	20.397
13	41.200	26.296	22.638	17.561	15.869
14	476.390	187.810	128.530	77.350	57.256
15	966.440	522.620	418.680	274.380	224.440
16	867.920	366.320	250.670	139.130	110.280
17	229.640	145.860	124.020	124.270	87.061
18	94.430	30.807	25.009	18.525	16.651
19	113.970	62.014	70.387	62.822	44.635
20	45.297	26.151	49.776	34.942	31.180
21	82.329	52.398	45.107	35.881	33.752
22	44.012	21.777	15.608	10.365	9.286
23	48.298	28.293	23.339	16.639	13.193
24	184.880	91.504	64.458	34.439	26.633
25	416.750	135.510	81.083	44.234	37.584
26	87.641	61.679	54.378	43.697	38.575
27	135.650	68.400	54.578	42.270	38.306
28	28.082	16.227	13.914	11.570	10.801
29	95.986	50.878	38.566	28.909	25.808
30	682.640	305.820	204.290	130.460	108.860

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$Z_{0.012}$ (kOhm)	$Z_{0.05}$ (kOhm)	$Z_{0.1}$ (kOhm)	$Z_{0.5}$ (kOhm)	Z_1 (kOhm)
31	65.875	28.237	18.951	9.796	8.254
32	35.772	15.701	11.874	8.077	7.187
33	84.396	45.127	35.469	26.979	24.422
34	116.300	68.099	55.842	41.023	37.097
35	70.402	45.365	38.792	31.333	28.764
36	48.986	29.943	24.807	19.781	17.774
37	185.090	94.084	65.930	40.811	33.897
38	595.160	289.350	223.410	135.090	109.630
39	113.150	59.267	45.508	26.819	23.500
40	100.330	70.384	62.546	51.852	48.804
41	49.491	32.989	28.059	22.813	20.997
42	121.600	69.674	55.509	43.328	39.604
43	97.419	54.293	44.527	36.604	33.031
44	41.042	25.517	21.734	18.226	17.340
45	104.210	48.880	40.182	30.936	27.670
46	24.773	14.216	11.794	8.747	7.912
47	26.109	19.486	17.731	15.228	14.175
48	83.492	51.731	44.636	35.090	33.004
49	36.177	25.575	22.144	18.057	17.038
50	20.364	13.841	12.435	10.609	9.582
51	36.569	21.436	18.943	16.072	15.081
52	34.636	14.011	10.313	7.521	6.532
53	29.554	16.274	13.302	10.156	9.216
54	31.226	20.944	18.591	16.078	15.017
55	27.134	14.923	13.057	11.256	10.616
56	22.506	13.089	11.026	8.663	7.943
57	25.256	13.790	11.672	9.716	9.178
58	23.622	15.168	13.402	11.413	10.837
59	33.846	15.672	12.378	9.435	8.777
60	15.286	9.132	7.814	6.599	6.290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$Z_{0.012}$ (kOhm)	$Z_{0.05}$ (kOhm)	$Z_{0.1}$ (kOhm)	$Z_{0.5}$ (kOhm)	Z_1 (kOhm)
61	701.250	331.090	255.180	195.710	221.030
62	32.439	17.262	13.671	10.198	9.416
63	29.176	18.885	16.245	13.297	12.477
64	105.310	68.196	58.249	46.511	42.461
65	37.445	20.671	17.710	14.699	13.683
66	112.100	63.247	52.567	43.818	39.422
67	25.187	14.670	12.430	10.191	9.374
68	40.805	22.491	16.921	12.802	11.863
69	64.394	29.690	22.158	14.614	12.844
70	94.004	61.310	52.408	42.951	38.017
71	27.733	14.754	12.203	9.690	9.030
72	454.510	244.440	193.050	141.900	115.910
73	82.168	40.503	30.517	19.680	16.978
74	87.319	56.228	48.408	41.833	38.803
75	118.700	48.567	32.158	16.242	12.529
76	135.360	96.914	85.190	68.690	58.997
77	17.005	10.752	8.982	6.746	5.980
78	47.043	29.112	24.656	19.704	18.361
79	27.648	16.162	13.800	11.379	10.335
80	24.347	13.888	11.377	9.328	8.493
81	32.054	18.714	16.185	13.714	12.880
82	34.908	22.790	19.711	17.162	16.455
83	14.257	8.771	7.460	6.148	5.717
84	24.767	11.978	9.467	6.987	6.325
85	16.800	10.516	9.047	7.586	7.081
86	41.156	27.582	24.693	20.948	19.592
87	20.508	11.583	9.955	8.250	7.774
88	15.472	11.268	10.321	9.050	8.563
89	16.498	11.000	9.730	8.135	7.638
90	26.967	17.766	15.726	12.730	11.882

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$Z_{0.012}$ (kOhm)	$Z_{0.05}$ (kOhm)	$Z_{0.1}$ (kOhm)	$Z_{0.5}$ (kOhm)	Z_1 (kOhm)
91	64.244	50.010	45.440	40.334	38.347
92	26.749	18.827	17.123	14.877	13.925
93	17.562	12.269	11.009	9.551	9.045



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Z ₅ (kOhm)	Z ₁₀ (kOhm)	Z ₅₀ (kOhm)	Z ₁₀₀ (kOhm)	Z ₂₀₀ (kOhm)
1	23.614	19.996	13.089	9.922	7.046
2	4.995	4.264	2.360	1.652	1.130
3	13.973	11.935	6.669	4.702	4.702
4	29.172	24.250	14.246	10.459	7.098
5	32.059	27.097	17.733	13.575	9.724
6	114.800	93.010	43.154	27.745	17.069
7	42.088	31.094	12.898	8.373	5.389
8	17.387	14.291	7.805	5.613	3.960
9	15.393	13.858	8.913	6.731	4.936
10	203.800	158.390	65.535	39.962	23.193
11	24.978	21.039	11.721	8.268	5.611
12	16.420	14.046	7.828	5.516	3.807
13	11.876	9.637	5.048	3.619	2.554
14	41.317	33.549	18.437	12.907	8.629
15	125.420	91.964	36.506	23.334	14.369
16	70.532	50.896	24.847	15.891	10.349
17	59.952	48.271	23.309	16.002	10.524
18	13.133	11.226	6.285	4.474	3.097
19	36.920	33.479	22.197	17.697	13.017
20	22.664	18.251	9.458	6.742	4.688
21	27.972	24.820	15.063	11.363	8.091
22	7.642	6.890	5.033	4.231	3.437
23	11.534	9.936	5.977	3.721	3.183
24	17.354	14.377	8.899	6.721	4.884
25	29.735	25.587	15.654	11.739	8.540
26	30.325	25.601	15.352	11.891	8.781
27	30.429	25.644	13.683	9.475	6.347
28	8.808	7.389	3.792	2.608	1.775
29	19.775	16.432	8.742	5.995	4.005
30	83.178	69.300	38.638	25.657	15.481

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Z ₅ (kOhm)	Z ₁₀ (kOhm)	Z ₅₀ (kOhm)	Z ₁₀₀ (kOhm)	Z ₂₀₀ (kOhm)
31	6.121	5.174	3.131	2.341	1.713
32	5.529	4.722	2.785	2.036	1.438
33	19.089	16.075	9.131	6.753	4.826
34	30.376	26.503	16.771	12.439	8.512
35	22.318	18.367	9.712	6.822	4.720
36	14.343	12.006	6.527	4.571	3.160
37	24.752	19.745	9.692	6.443	4.219
38	73.479	58.492	30.236	20.721	13.562
39	18.236	15.589	8.794	6.275	4.191
40	39.487	33.843	19.462	14.164	9.771
41	16.432	16.282	13.565	7.076	4.895
42	33.046	28.772	18.164	0.014	9.880
43	23.643	18.196	8.156	5.393	3.434
44	14.800	13.101	8.270	6.281	4.601
45	22.591	19.748	12.120	8.918	6.339
46	6.530	5.897	4.338	3.686	3.080
47	11.135	9.415	5.165	3.679	2.597
48	28.195	25.396	16.539	12.657	9.205
49	14.290	12.587	8.215	6.575	5.177
50	7.529	6.258	3.143	2.147	1.454
51	12.180	10.085	4.930	3.319	2.221
52	5.335	4.652	2.986	2.283	1.731
53	7.461	6.443	4.023	3.049	2.261
54	11.834	9.722	4.924	3.373	2.296
55	8.930	7.801	4.681	3.449	2.487
56	6.488	5.586	3.313	2.466	1.817
57	7.815	6.831	4.065	2.986	2.125
58	9.072	7.891	4.753	3.578	2.648
59	7.477	6.703	4.615	3.756	3.028
60	5.423	4.854	3.381	2.805	2.304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Z ₅ (kOhm)	Z ₁₀ (kOhm)	Z ₅₀ (kOhm)	Z ₁₀₀ (kOhm)	Z ₂₀₀ (kOhm)
61	120.450	95.196	43.353	27.908	16.940
62	8.133	7.372	5.327	4.354	3.434
63	10.465	9.102	5.499	4.157	3.047
64	30.231	23.048	11.591	8.177	5.610
65	10.904	9.169	4.915	3.463	2.394
66	28.928	22.792	10.618	7.121	4.748
67	7.662	6.603	4.073	3.086	2.272
68	9.828	8.507	5.250	4.072	3.077
69	10.152	8.803	5.082	3.627	2.517
70	28.728	22.649	11.065	7.471	5.024
71	7.592	6.706	4.237	3.172	2.280
72	74.680	55.007	23.395	15.118	9.541
73	12.932	10.823	6.154	4.470	3.165
74	29.319	23.035	10.526	6.980	4.566
75	8.972	7.598	5.104	4.032	3.105
76	36.335	27.197	12.625	8.694	5.814
77	4.757	3.996	2.459	1.896	1.459
78	15.170	13.354	8.083	5.940	4.240
79	8.416	7.103	4.006	2.926	2.134
80	6.754	5.586	2.957	2.089	1.468
81	10.687	9.164	5.082	3.599	2.492
82	14.381	12.901	8.123	6.039	4.323
83	4.647	4.012	2.519	1.961	1.501
84	5.052	4.339	2.739	2.166	1.696
85	5.777	4.947	2.900	2.123	1.527
86	15.137	12.424	6.300	4.317	2.917
87	6.649	5.924	3.906	3.055	2.330
88	6.772	5.620	2.968	2.116	1.494
89	6.134	5.248	3.075	2.304	1.699
90	9.727	8.491	5.210	3.972	2.938

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่า Impedance ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Z_5 (kOhm)	Z_{10} (kOhm)	Z_{50} (kOhm)	Z_{100} (kOhm)	Z_{200} (kOhm)
91	33.181	29.921	19.663	14.902	10.436
92	10.928	9.143	4.874	3.523	2.525
93	7.463	6.461	3.813	2.829	2.053



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$R_{0.012-1}$ (kOhm)	$R_{0.05-1}$ (kOhm)	$R_{0.1-1}$ (kOhm)	$R_{0.5-1}$ (kOhm)	R_{1-1} (kOhm)
1	385.630	143.700	89.129	44.626	33.854
2	74.226	17.469	11.383	7.165	6.378
3	174.050	51.806	30.594	19.742	17.750
4	1142.600	318.150	191.350	74.264	53.314
5	1167.800	251.820	133.970	57.879	44.728
6	777.620	378.380	270.720	177.790	158.140
7	453.010	213.960	155.510	90.201	75.109
8	303.360	121.450	77.137	34.721	27.607
9	120.210	44.241	30.079	19.889	18.294
10	930.760	601.470	496.720	361.210	322.220
11	140.270	72.317	55.108	37.165	32.998
12	94.475	69.069	44.445	23.879	20.921
13	48.263	28.193	23.707	18.005	16.284
14	621.930	206.140	139.590	71.998	59.397
15	1082.000	580.060	464.220	306.910	258.590
16	1287.100	444.820	294.160	151.900	120.350
17	249.530	152.340	129.700	129.680	87.591
18	112.140	33.817	26.532	19.004	17.092
19	151.420	72.779	77.766	50.117	46.364
20	55.996	28.830	55.898	37.097	32.920
21	100.340	57.885	48.244	36.890	34.695
22	58.844	26.836	17.949	10.830	9.561
23	60.891	31.819	25.305	17.256	14.270
24	223.360	108.990	76.596	38.168	28.837
25	605.660	173.050	99.113	46.933	38.905
26	96.925	65.452	56.794	44.763	39.446
27	193.910	79.381	58.706	43.179	39.041
28	33.968	17.225	14.382	11.713	10.962
29	105.210	53.453	39.948	29.238	26.138
30	898.110	336.670	210.860	131.000	109.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$R_{0.012-1}$ (kOhm)	$R_{0.05-1}$ (kOhm)	$R_{0.1-1}$ (kOhm)	$R_{0.5-1}$ (kOhm)	R_{1-1} (kOhm)
31	93.355	37.987	21.285	10.573	8.710
32	55.105	19.329	13.579	8.474	7.469
33	106.400	50.693	37.890	27.445	24.851
34	139.720	75.786	60.773	42.249	37.971
35	79.609	48.041	39.974	31.784	29.257
36	56.359	31.927	25.494	19.807	17.891
37	211.110	102.430	71.165	42.010	35.013
38	671.010	336.920	245.750	143.910	116.690
39	146.970	71.620	51.015	28.692	24.629
40	113.090	74.675	65.094	52.894	49.866
41	52.767	34.192	28.750	23.113	21.416
42	141.850	74.446	57.663	43.668	39.875
43	106.790	55.147	45.075	37.046	33.807
44	46.756	27.198	22.537	18.446	17.544
45	134.170	54.502	42.458	31.483	28.183
46	30.569	15.769	12.619	8.972	8.077
47	28.520	20.072	18.077	15.452	14.462
48	94.180	54.764	46.783	35.772	33.586
49	32.988	26.733	22.561	18.297	17.261
50	22.253	14.323	12.660	10.764	9.757
51	45.021	22.672	19.517	16.267	15.317
52	49.789	15.838	11.074	7.574	6.628
53	35.395	17.774	14.060	10.329	9.340
54	35.041	21.531	18.911	16.222	15.234
55	31.040	15.707	13.326	11.314	10.701
56	26.169	13.943	11.453	8.790	8.053
57	29.686	14.792	12.118	9.814	9.276
58	27.386	16.099	13.860	11.558	10.981
59	46.492	18.204	13.516	9.642	8.915
60	18.463	9.933	8.165	6.673	6.350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$R_{0.012-1}$ (kOhm)	$R_{0.05-1}$ (kOhm)	$R_{0.1-1}$ (kOhm)	$R_{0.5-1}$ (kOhm)	R_{1-1} (kOhm)
61	735.130	331.530	259.860	198.470	225.930
62	38.165	19.074	14.559	10.354	9.511
63	32.795	20.071	16.868	13.451	12.651
64	111.680	70.342	59.321	47.426	43.892
65	45.360	21.874	18.275	14.910	13.921
66	128.770	64.715	53.113	44.132	40.265
67	28.357	15.438	12.797	10.278	9.485
68	48.884	25.336	18.188	13.071	12.057
69	96.277	36.054	25.113	15.287	13.299
70	102.080	62.668	52.896	42.973	38.349
71	36.639	16.356	12.932	9.831	9.129
72	467.220	239.330	193.060	140.580	118.860
73	101.280	46.265	33.485	20.439	17.511
74	97.953	57.199	48.913	42.064	39.291
75	140.970	57.229	37.066	17.022	13.089
76	133.530	96.569	85.954	70.806	62.435
77	19.324	11.376	9.319	6.862	6.076
78	53.493	30.096	25.462	19.909	18.549
79	32.346	17.004	14.228	11.511	10.448
80	26.257	14.223	11.510	9.367	8.543
81	36.045	19.651	16.652	13.848	13.032
82	42.607	23.917	20.368	17.328	16.616
83	15.913	9.220	7.668	6.221	5.787
84	32.125	13.609	10.234	7.170	6.467
85	19.007	11.085	9.324	7.662	7.172
86	46.618	28.699	25.230	21.227	19.960
87	26.146	12.464	10.346	8.349	7.859
88	17.327	11.643	10.527	9.169	8.717
89	19.201	11.598	10.015	8.254	7.761
90	29.968	18.757	16.349	12.999	12.129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$R_{0.012-1}(\text{kOhm})$	$R_{0.05-1}(\text{kOhm})$	$R_{0.1-1}(\text{kOhm})$	$R_{0.5-1}(\text{kOhm})$	$R_{1-1}(\text{kOhm})$
91	66.815	50.622	45.739	40.497	38.585
92	30.097	19.450	17.486	15.104	14.228
93	19.165	12.677	11.222	9.644	9.161



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	R ₅₋₁ (kOhm)	R ₁₀₋₁ (kOhm)	R ₅₀₋₁ (kOhm)	R ₁₀₀₋₁ (kOhm)	R ₂₀₀₋₁ (kOhm)
1	24.434	20.886	14.958	12.330	9.696
2	5.229	4.615	2.946	2.168	1.515
3	14.711	13.021	8.509	6.355	6.355
4	32.184	26.956	17.789	14.644	11.591
5	32.718	28.147	20.089	16.713	13.383
6	125.760	109.440	69.107	51.900	37.653
7	50.876	40.717	20.681	14.116	9.336
8	19.177	16.282	9.946	7.530	5.632
9	15.841	14.588	10.472	8.399	6.439
10	236.890	201.680	123.900	94.264	67.030
11	26.409	23.150	15.185	11.637	8.463
12	17.215	15.335	10.074	7.555	5.427
13	12.791	10.891	6.472	4.842	3.520
14	43.863	36.941	23.576	18.201	13.607
15	160.350	127.150	62.546	45.523	386.080
16	79.340	59.661	34.540	24.797	58.081
17	67.052	57.208	33.379	25.454	29.872
18	13.869	12.304	8.007	6.090	4.413
19	38.584	35.531	25.841	22.523	66.081
20	25.034	21.099	12.586	9.509	15.256
21	29.459	26.960	18.681	15.444	12.222
22	7.858	7.161	5.421	4.687	3.980
23	12.393	10.787	6.944	5.051	4.183
24	18.466	15.463	10.374	8.283	6.490
25	30.915	27.255	18.485	14.790	11.680
26	32.152	28.003	18.426	15.280	12.337
27	32.113	28.246	18.049	13.638	9.894
28	9.340	8.265	5.088	1.835	2.556
29	20.814	18.088	11.421	8.498	6.023
30	85.725	74.016	52.025	42.373	32.343

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	R ₅₋₁ (kOhm)	R ₁₀₋₁ (kOhm)	R ₅₀₋₁ (kOhm)	R ₁₀₀₋₁ (kOhm)	R ₂₀₀₋₁ (kOhm)
31	6.472	5.580	3.691	2.888	2.175
32	5.828	5.128	3.407	2.636	1.919
33	20.060	17.516	11.179	8.739	6.643
34	31.434	28.079	20.240	16.824	13.357
35	23.744	20.442	12.571	9.331	6.739
36	14.951	12.993	8.177	6.053	4.326
37	26.625	22.427	13.388	9.586	6.544
38	80.023	66.203	41.043	31.582	23.189
39	19.392	17.153	11.260	8.683	6.181
40	41.841	37.213	24.848	19.898	15.392
41	17.557	17.434	15.298	9.592	7.208
42	33.921	30.277	21.240	17.146	13.427
43	26.469	21.979	11.864	7.939	5.144
44	15.291	13.881	9.734	7.836	6.078
45	23.349	20.952	14.574	11.472	8.629
46	6.690	6.094	4.619	3.990	3.408
47	11.833	10.400	6.537	4.856	3.462
48	29.117	26.832	19.529	16.160	12.911
49	14.773	13.288	9.224	7.591	6.182
50	8.075	7.052	4.245	3.024	2.029
51	13.058	11.497	6.865	4.871	3.285
52	5.484	4.880	3.342	2.675	87.135
53	7.734	6.832	4.663	3.687	2.831
54	12.642	10.979	6.612	4.758	3.274
55	9.235	8.314	5.619	4.346	111.260
56	6.741	5.968	3.897	3.004	2.261
57	8.101	7.306	4.928	3.815	2.818
58	9.453	8.467	5.647	4.416	3.346
59	7.666	6.971	5.047	4.193	3.452
60	5.554	5.042	3.651	3.069	2.553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	R ₅₋₁ (kOhm)	R ₁₀₋₁ (kOhm)	R ₅₀₋₁ (kOhm)	R ₁₀₀₋₁ (kOhm)	R ₂₀₀₋₁ (kOhm)
61	131.800	111.960	66.525	50.669	36.927
62	8.265	7.573	5.762	4.878	4.001
63	10.905	9.765	6.551	5.211	4.040
64	33.551	26.829	15.531	11.718	8.680
65	11.582	10.183	6.361	4.712	3.315
66	31.809	26.803	15.072	10.726	7.336
67	7.949	7.027	4.750	3.768	2.896
68	10.223	9.084	6.055	4.870	3.844
69	10.671	9.551	6.381	4.876	3.531
70	30.910	25.927	15.190	11.068	7.930
71	7.828	7.081	5.011	4.003	3.045
72	85.955	68.891	36.723	26.405	18.378
73	13.614	11.773	7.508	5.768	4.315
74	32.028	27.104	15.094	10.659	7.218
75	9.264	7.922	5.568	4.547	3.637
76	42.589	33.673	17.715	13.018	9.364
77	4.934	4.244	2.786	2.184	1.704
78	15.646	14.214	9.838	7.707	5.799
79	8.803	7.712	4.864	3.657	2.694
80	7.089	6.142	3.739	2.738	1.950
81	11.205	9.976	6.448	4.862	3.487
82	14.808	13.627	9.718	7.707	5.782
83	4.834	4.274	2.869	2.294	1.795
84	5.256	4.622	3.076	2.476	1.971
85	6.027	5.332	3.499	2.680	1.980
86	16.311	14.117	8.530	6.224	4.340
87	6.834	6.213	4.425	3.590	2.813
88	7.262	6.323	3.815	2.817	2.000
89	6.462	5.709	3.707	2.875	2.156
90	10.192	9.138	6.188	4.948	3.833

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่า Resistance1 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	R_{5-1} (kOhm)	R_{10-1} (kOhm)	R_{50-1} (kOhm)	R_{100-1} (kOhm)	R_{200-1} (kOhm)
91	34.025	31.358	23.298	19.680	15.927
92	11.733	10.266	6.211	4.637	3.367
93	7.807	6.984	4.632	3.607	2.701



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$R_{0.012-2}$ (kOhm)	$R_{0.05-2}$ (kOhm)	$R_{0.1-2}$ (kOhm)	$R_{0.5-2}$ (kOhm)	R_{1-2} (kOhm)
1	203.000	96.980	-0.669	39.870	32.700
2	24.260	10.990	-0.578	6.767	6.111
3	73.060	33.950	-0.512	19.070	17.010
4	218.300	130.200	-1.046	50.050	39.370
5	289.400	148.200	-0.802	52.190	42.150
6	528.000	262.600	-0.532	163.400	147.300
7	313.700	166.300	-0.550	78.610	62.310
8	149.900	62.780	-0.869	27.360	22.870
9	53.860	28.030	-0.556	18.820	17.650
10	777.000	517.300	-0.369	326.800	283.600
11	97.700	58.300	-0.441	35.070	31.360
12	113.300	45.290	-0.655	22.710	20.000
13	36.030	24.600	-0.318	17.250	15.480
14	364.400	176.800	-0.488	75.840	55.880
15	942.200	500.100	-0.483	246.200	195.800
16	553.300	309.500	-0.652	129.200	102.200
17	231.100	142.100	-0.296	119.700	84.020
18	80.430	28.160	-0.375	18.180	16.250
19	87.820	53.290	-0.431	57.660	42.660
20	37.760	23.860	-0.508	33.000	29.550
21	67.720	47.540	-0.370	34.810	32.780
22	35.690	17.810	-0.578	9.932	9.030
23	38.510	25.190	-0.423	16.040	13.330
24	152.300	79.150	-0.663	31.740	24.870
25	308.300	106.100	-0.773	42.030	36.490
26	81.450	58.180	-0.299	42.690	39.760
27	94.520	59.250	-0.424	41.510	37.870
28	24.040	15.440	-0.282	11.460	10.670
29	97.520	50.620	-0.322	29.020	25.660
30	555.800	291.700	-0.431	133.500	109.900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$R_{0.012-2}$ (kOhm)	$R_{0.05-2}$ (kOhm)	$R_{0.1-2}$ (kOhm)	$R_{0.5-2}$ (kOhm)	R_{1-2} (kOhm)
31	48.260	21.400	-0.780	9.127	7.858
32	24.560	12.770	-0.570	7.724	6.928
33	70.040	41.110	-0.400	26.740	24.130
34	99.780	61.770	-0.423	39.950	36.320
35	63.350	43.370	-0.284	31.080	28.320
36	44.780	28.520	-0.288	19.900	17.840
37	179.500	89.530	-0.467	40.230	33.060
38	627.200	272.700	-0.511	129.400	102.800
39	91.390	49.560	-0.593	25.240	22.470
40	88.820	66.390	-0.283	50.780	47.700
41	48.800	32.430	-0.248	22.570	20.590
42	108.400	65.950	-0.329	43.310	39.590
43	95.240	55.550	-0.232	36.380	32.510
44	36.970	24.170	-0.284	18.030	17.130
45	94.990	44.610	-0.369	30.590	28.620
46	20.400	12.880	-0.390	8.563	7.749
47	24.230	18.970	-0.207	15.020	13.900
48	74.760	54.210	-0.311	34.580	32.430
49	34.550	24.480	-0.257	17.870	16.830
50	18.240	13.400	-0.211	10.480	9.531
51	30.830	20.630	-0.259	15.970	14.870
52	25.220	12.990	-0.435	7.458	6.530
53	26.590	15.140	-0.366	10.040	9.144
54	30.400	20.450	-0.208	15.980	14.860
55	23.280	14.300	-0.242	11.230	10.560
56	20.070	12.510	-0.305	8.593	7.879
57	22.140	13.010	-0.297	9.655	9.110
58	20.390	14.310	-0.268	11.280	10.700
59	25.300	13.550	-0.450	9.269	8.657
60	12.850	8.410	-0.310	6.535	6.234

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$R_{0.012-2}$ (kOhm)	$R_{0.05-2}$ (kOhm)	$R_{0.1-2}$ (kOhm)	$R_{0.5-2}$ (kOhm)	R_{1-2} (kOhm)
61	847.500	356.200	-0.270	196.100	218.900
62	28.440	15.810	-0.389	10.100	9.338
63	25.980	17.800	-0.292	13.170	12.330
64	106.500	67.330	-0.238	45.700	41.120
65	32.370	20.440	-0.276	14.530	13.480
66	110.600	63.740	-0.228	43.790	38.880
67	23.340	14.160	-0.270	10.160	9.339
68	35.160	20.130	-0.415	12.580	11.690
69	46.070	24.870	-0.553	14.090	12.460
70	100.100	61.110	-0.214	43.570	38.880
71	21.100	13.380	-0.364	9.577	8.934
72	494.200	255.200	-0.230	147.400	115.400
73	74.460	37.760	-0.482	19.100	16.580
74	81.810	56.040	-0.197	41.950	38.500
75	128.200	43.300	-0.632	15.680	12.130
76	149.400	99.800	-0.178	67.270	56.140
77	15.350	10.320	-0.312	6.688	5.910
78	42.870	27.830	-0.277	19.610	18.230
79	24.310	15.480	-0.273	11.280	10.430
80	24.180	13.930	-0.224	9.391	8.491
81	28.650	17.970	-0.261	13.620	12.760
82	28.600	21.100	-0.261	16.990	16.300
83	13.240	8.410	-0.266	6.102	5.656
84	19.800	10.670	-0.435	6.842	6.210
85	15.960	10.080	-0.267	7.538	7.011
86	38.380	26.650	-0.223	20.740	19.260
87	16.360	10.780	-0.300	8.173	7.706
88	14.060	10.930	-0.206	8.937	8.415
89	14.390	10.440	-0.256	8.191	7.504
90	24.940	16.770	-0.285	12.460	11.640

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$R_{0.012-2}$ (kOhm)	$R_{0.05-2}$ (kOhm)	$R_{0.1-2}$ (kOhm)	$R_{0.5-2}$ (kOhm)	R_{1-2} (kOhm)
91	62.630	49.640	-0.147	40.310	38.210
92	23.910	18.230	-0.212	14.670	13.650
93	16.720	11.960	-0.209	9.485	8.932



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	R ₅₋₂ (kOhm)	R ₁₀₋₂ (kOhm)	R ₅₀₋₂ (kOhm)	R ₁₀₀₋₂ (kOhm)	R ₂₀₀₋₂ (kOhm)
1	23.300	19.190	11.450	7.995	5.123
2	4.789	3.947	1.895	1.265	0.859
3	13.330	11.030	5.201	3.452	3.452
4	26.450	21.760	11.450	7.510	4.357
5	31.620	26.450	15.760	11.060	7.064
6	104.700	79.200	26.990	14.810	7.723
7	34.770	23.740	8.044	4.963	3.106
8	15.790	12.590	6.113	4.195	2.787
9	14.980	13.170	7.597	5.389	3.786
10	176.600	124.200	34.690	17.010	8.011
11	23.690	19.180	9.035	5.870	3.717
12	15.690	12.900	6.097	4.021	2.668
13	11.060	8.551	3.941	2.704	1.855
14	39.050	30.830	14.440	9.203	5.476
15	98.410	66.260	21.320	11.970	6.366
16	62.910	43.810	17.890	10.270	5.859
17	53.690	40.810	16.290	10.060	5.892
18	12.470	10.250	4.942	3.294	2.177
19	35.280	31.450	19.080	13.880	8.989
20	20.530	15.790	7.112	4.783	3.137
21	26.510	22.800	12.090	8.359	5.357
22	7.436	6.640	4.672	3.818	2.970
23	10.330	9.226	4.601	3.050	2.317
24	16.440	13.460	7.675	5.467	3.669
25	28.670	24.140	13.270	9.322	6.246
26	28.640	23.610	12.750	9.268	6.228
27	28.930	23.360	10.390	6.585	4.072
28	8.318	6.619	2.829	1.843	1.234
29	18.970	15.010	6.720	4.238	2.673
30	81.550	65.570	28.580	15.370	7.297

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	R ₅₋₂ (kOhm)	R ₁₀₋₂ (kOhm)	R ₅₀₋₂ (kOhm)	R ₁₀₀₋₂ (kOhm)	R ₂₀₀₋₂ (kOhm)
31	5.807	4.831	2.668	1.906	1.351
32	5.284	5.155	2.279	1.572	1.078
33	18.240	14.820	7.470	5.219	3.502
34	29.310	25.090	13.910	9.196	5.421
35	21.080	16.560	7.536	4.998	3.311
36	13.840	11.150	5.316	3.466	2.312
37	23.150	17.480	7.061	4.342	2.725
38	68.300	51.180	22.340	13.710	7.887
39	17.180	14.190	6.869	4.541	2.930
40	37.200	30.730	15.240	10.090	6.205
41	15.420	15.250	12.060	5.233	3.329
42	32.360	27.480	15.570	10.950	7.265
43	21.200	15.130	5.623	3.593	2.302
44	14.320	12.360	7.030	5.039	3.481
45	21.890	18.650	10.080	6.933	4.654
46	6.379	5.712	4.074	3.409	2.785
47	10.490	8.531	4.089	2.793	1.951
48	27.330	24.010	14.000	9.907	6.564
49	13.860	11.930	7.320	5.698	4.336
50	7.041	5.551	2.332	1.528	1.047
51	11.370	11.530	3.546	2.268	1.506
52	5.224	4.463	2.662	1.951	1.446
53	7.818	6.082	3.477	2.531	1.807
54	11.120	8.629	3.672	2.399	1.612
55	8.669	7.335	3.904	2.744	1.925
56	6.278	5.244	2.839	2.038	1.462
57	7.554	6.397	3.360	2.339	1.605
58	8.712	7.359	4.003	2.899	2.096
59	7.296	6.451	4.222	3.370	2.657
60	5.302	4.677	3.135	2.566	2.082

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	R ₅₋₂ (kOhm)	R ₁₀₋₂ (kOhm)	R ₅₀₋₂ (kOhm)	R ₁₀₀₋₂ (kOhm)	R ₂₀₀₋₂ (kOhm)
61	111.100	81.630	28.250	15.350	7.749
62	8.021	7.196	4.936	3.897	2.952
63	10.050	8.480	4.616	3.315	2.298
64	27.270	20.050	8.660	5.704	3.627
65	10.290	8.265	3.801	2.546	1.729
66	26.440	19.510	7.508	4.740	3.076
67	7.411	6.222	3.503	2.534	1.787
68	9.463	7.983	4.559	3.411	2.467
69	9.681	8.125	4.058	2.703	1.793
70	26.840	19.980	8.059	5.080	3.184
71	7.381	6.362	3.586	2.514	1.707
72	65.440	44.150	14.900	8.662	4.960
73	12.360	9.988	5.067	3.485	2.327
74	27.000	19.670	7.375	4.581	2.894
75	8.800	7.352	4.716	3.601	2.668
76	31.160	22.060	9.028	5.817	3.612
77	4.604	3.785	2.181	1.657	1.250
78	14.690	12.550	6.637	4.574	3.099
79	8.072	6.564	3.312	2.350	1.694
80	6.482	5.105	2.350	1.600	1.108
81	10.220	8.409	4.018	2.671	1.784
82	13.960	12.220	6.790	4.732	3.231
83	4.478	3.772	2.215	1.680	1.257
84	4.866	4.082	2.443	1.899	1.462
85	5.552	4.605	2.411	1.688	1.181
86	14.090	10.950	4.660	3.005	1.963
87	6.476	5.652	3.450	2.602	1.931
88	6.315	5.002	2.310	1.590	1.117
89	5.824	4.824	2.550	1.846	1.339
90	9.278	7.886	4.384	3.186	2.253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า Resistance2 ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	R_{5-2} (kOhm)	R_{10-2} (kOhm)	R_{50-2} (kOhm)	R_{100-2} (kOhm)	R_{200-2} (kOhm)
91	32.440	28.590	16.620	11.300	6.846
92	10.180	8.138	3.831	2.678	1.895
93	7.138	5.983	3.143	2.220	1.559



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.6 ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$D_{0.012}$	$D_{0.05}$	$D_{0.1}$	$D_{0.5}$	D_1
1	0.916	1.275	1.505	2.434	2.961
2	0.643	1.189	1.707	3.499	4.137
3	0.595	1.282	1.933	3.752	4.259
4	0.494	0.813	0.951	1.373	1.638
5	0.394	0.972	1.232	2.266	2.946
6	1.371	1.487	1.881	3.225	3.379
7	1.330	1.668	1.827	2.140	2.130
8	0.923	1.011	1.155	1.832	2.150
9	0.899	1.283	1.786	3.977	4.888
10	2.062	2.487	2.764	3.049	2.727
11	1.436	1.909	2.283	3.535	3.823
12	1.127	1.249	1.510	3.066	3.927
13	1.740	2.528	3.153	4.173	3.948
14	0.556	1.628	2.064	2.898	3.173
15	1.138	1.974	2.098	2.023	1.791
16	0.536	1.320	1.544	2.053	2.191
17	1.807	2.961	3.399	3.338	3.326
18	1.844	2.045	2.662	4.045	4.112
19	1.141	1.652	2.360	2.650	3.884
20	1.423	2.114	2.003	2.910	2.974
21	1.467	2.191	2.721	4.345	4.565
22	1.081	1.367	1.730	3.138	3.919
23	1.308	1.924	2.354	3.493	3.748
24	1.162	1.526	1.539	1.962	2.223
25	0.739	0.968	1.243	2.481	3.328
26	2.082	2.863	3.385	4.639	4.572
27	0.939	1.641	2.350	4.295	4.466
28	1.297	2.589	3.534	5.587	5.359
29	1.609	2.465	3.087	4.682	4.750
30	0.884	1.721	2.296	4.070	4.539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	D _{0.012}	D _{0.05}	D _{0.1}	D _{0.5}	D ₁
31	0.949	1.063	1.258	2.302	2.816
32	0.820	1.347	1.754	3.046	3.460
33	1.262	1.877	2.494	4.492	4.696
34	1.491	2.019	2.389	3.803	4.315
35	1.921	2.765	3.513	5.067	4.752
36	1.669	2.566	3.442	5.765	5.756
37	1.520	1.974	2.175	2.937	3.250
38	1.829	1.879	1.947	2.445	2.561
39	1.153	1.484	1.694	2.591	3.115
40	1.952	2.865	3.546	5.048	4.853
41	2.099	3.304	4.026	5.087	4.699
42	1.659	2.330	3.041	5.511	6.018
43	1.764	3.122	4.262	5.038	4.102
44	1.760	2.574	3.508	6.181	6.351
45	1.147	1.865	2.706	4.384	4.639
46	1.361	2.068	2.547	3.939	4.542
47	2.187	3.883	4.824	5.595	4.858
48	1.812	2.621	3.223	5.046	5.517
49	2.343	3.163	3.825	5.876	5.978
50	1.706	3.543	4.769	5.397	4.728
51	1.280	2.703	3.858	5.841	5.324
52	0.907	1.601	2.302	4.284	4.860
53	1.372	2.183	2.748	4.600	4.948
54	1.906	3.515	4.794	6.283	5.397
55	1.042	2.769	4.118	7.169	6.910
56	1.509	2.559	3.281	5.103	5.272
57	1.432	2.371	3.341	6.229	6.421
58	1.692	2.769	3.736	6.130	6.009
59	1.058	1.609	2.223	4.539	5.323
60	1.404	2.292	3.226	6.405	6.841

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$D_{0.012}$	$D_{0.05}$	$D_{0.1}$	$D_{0.5}$	D_1
61	0.851	2.875	3.689	4.561	3.769
62	1.426	2.053	2.579	4.859	5.860
63	1.911	2.731	3.418	5.654	5.777
64	2.138	3.328	4.169	4.834	3.788
65	1.348	2.438	3.595	5.348	5.045
66	1.607	3.140	4.385	5.349	4.331
67	1.642	2.779	3.708	5.811	5.688
68	1.458	1.815	2.406	4.503	5.076
69	0.905	1.406	1.805	3.099	3.538
70	2.063	3.535	4.690	6.155	5.166
71	1.128	1.993	2.750	5.172	5.666
72	1.446	3.653	4.280	4.093	3.339
73	1.256	1.690	2.084	3.194	3.530
74	1.449	3.462	5.069	6.679	5.252
75	1.082	1.448	1.578	2.337	2.779
76	3.255	5.149	5.631	3.693	2.789
77	1.500	2.646	3.204	4.266	4.591
78	1.605	2.603	3.615	5.895	6.020
79	1.429	2.650	3.627	5.701	5.620
80	1.746	3.228	4.379	6.237	5.725
81	1.611	2.867	3.837	6.284	5.967
82	1.435	2.644	3.837	6.971	7.083
83	1.725	2.726	3.713	5.722	5.586
84	1.099	1.759	2.296	4.010	4.383
85	1.687	2.780	3.737	5.930	5.679
86	1.625	3.247	4.459	5.831	4.903
87	1.181	2.345	3.322	5.940	6.330
88	1.837	3.669	4.837	6.136	5.208
89	1.640	2.874	3.905	5.647	5.182
90	1.846	2.967	3.511	4.877	4.910

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$D_{0.012}$	$D_{0.05}$	$D_{0.1}$	$D_{0.5}$	D_1
91	3.013	5.284	6.819	8.764	7.883
92	1.907	3.616	4.743	5.640	4.833
93	2.155	3.624	4.801	6.666	5.985



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	D ₅	D ₁₀	D ₅₀	D ₁₀₀	D ₂₀₀
1	3.372	2.987	1.707	1.326	1.039
2	3.108	2.349	1.328	1.167	1.112
3	3.031	2.251	1.250	1.081	1.081
4	2.093	1.996	1.331	1.020	0.772
5	3.532	3.096	1.789	1.360	1.035
6	2.171	1.588	0.799	0.627	0.506
7	1.444	1.167	0.793	0.731	0.704
8	2.190	1.831	1.255	1.107	0.984
9	4.029	3.036	1.618	1.346	1.195
10	1.673	1.264	0.622	0.472	0.368
11	2.789	2.143	1.208	1.003	0.882
12	3.042	2.272	1.234	1.060	0.981
13	2.415	1.875	1.236	1.120	1.051
14	2.561	2.083	1.225	0.985	0.809
15	1.245	1.045	0.716	0.595	0.494
16	1.849	1.573	1.014	0.828	0.683
17	2.012	1.577	0.977	0.810	0.675
18	2.903	2.219	1.264	1.082	0.982
19	3.514	2.891	1.701	1.300	0.958
20	2.140	1.732	1.144	1.008	0.901
21	3.129	2.422	1.381	1.104	0.894
22	4.114	3.592	2.494	2.089	1.717
23	2.679	2.307	1.358	1.222	1.076
24	2.578	2.371	1.625	1.352	1.115
25	3.247	2.624	1.560	1.286	1.062
26	2.861	2.279	1.523	1.262	1.018
27	2.861	2.116	1.150	0.955	0.829
28	2.789	1.984	1.114	0.994	0.963
29	2.891	2.121	1.166	0.984	0.880
30	3.214	2.402	1.061	0.732	0.522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	D ₅	D ₁₀	D ₅₀	D ₁₀₀	D ₂₀₀
31	2.822	2.413	1.581	1.378	1.268
32	2.868	2.330	1.413	1.214	1.131
33	2.992	2.268	1.399	1.207	1.046
34	3.511	2.765	1.465	1.088	0.823
35	2.673	2.009	1.207	1.060	0.973
36	3.165	2.319	1.306	1.134	1.056
37	2.355	1.798	1.031	0.896	0.834
38	2.135	1.766	1.069	0.868	0.704
39	2.820	2.162	1.242	1.045	0.918
40	2.875	2.188	1.263	1.017	0.823
41	2.626	2.595	1.926	1.093	0.924
42	3.913	2.920	1.615	1.308	1.071
43	1.945	1.460	0.940	0.880	0.885
44	3.786	2.831	1.608	1.340	1.156
45	3.549	2.731	1.475	1.226	1.075
46	4.368	3.820	2.751	2.420	2.120
47	2.776	2.122	1.288	1.160	1.133
48	3.913	2.958	1.594	1.265	1.024
49	3.773	2.947	1.955	1.730	1.528
50	2.580	1.889	1.101	1.008	1.025
51	2.569	1.820	1.030	0.929	0.916
52	3.882	3.036	1.858	1.624	1.495
53	3.465	2.726	1.688	1.459	1.317
54	2.606	1.888	1.110	1.001	0.980
55	3.700	2.670	1.498	1.302	1.218
56	3.429	2.598	1.601	1.425	1.338
57	3.614	2.616	1.457	1.252	1.147
58	3.402	2.561	1.556	1.381	1.294
59	4.309	3.443	2.241	2.005	1.819
60	4.463	3.526	2.451	2.243	2.090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	D ₅	D ₁₀	D ₅₀	D ₁₀₀	D ₂₀₀
61	2.173	1.582	0.851	0.649	0.509
62	5.105	4.065	2.386	1.963	1.654
63	3.400	2.545	1.536	1.316	1.144
64	2.063	1.655	1.116	0.970	0.846
65	2.762	2.057	1.214	1.080	1.040
66	2.147	1.603	0.986	0.886	0.846
67	3.491	2.692	1.650	1.417	1.255
68	3.421	2.642	1.731	1.520	1.330
69	3.040	2.358	1.314	1.113	1.012
70	2.426	1.775	1.048	0.910	0.817
71	3.838	2.895	1.570	1.293	1.126
72	1.673	1.297	0.816	0.693	0.608
73	2.857	2.265	1.410	1.215	1.070
74	2.225	1.590	0.964	0.859	0.809
75	3.326	3.091	2.180	1.858	1.595
76	1.616	1.356	1.007	0.891	0.785
77	3.317	2.645	1.857	1.715	1.642
78	3.699	2.699	1.433	1.206	1.070
79	3.138	2.327	1.443	1.326	1.288
80	2.934	2.129	1.278	1.170	1.131
81	3.142	2.277	1.273	1.101	1.020
82	4.072	2.940	1.522	1.262	1.125
83	3.417	2.693	1.824	1.640	1.521
84	3.305	2.679	1.936	1.790	1.681
85	3.250	2.458	1.472	1.292	1.212
86	2.470	1.841	1.092	0.961	0.907
87	4.106	3.132	1.875	1.620	1.477
88	2.580	1.939	1.237	1.137	1.124
89	3.011	2.331	1.495	1.342	1.283
90	3.239	2.526	1.564	1.349	1.198

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่า D-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	D ₅	D ₁₀	D ₅₀	D ₁₀₀	D ₂₀₀
91	4.343	3.177	1.577	1.161	0.868
92	2.588	1.962	1.269	1.170	1.135
93	3.268	2.447	1.455	1.268	1.170



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.7 ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$Q_{0.012}$	$Q_{0.05}$	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	Q_1
1	-1.073	-0.780	65.650	-0.410	-0.336
2	-1.643	-0.827	8.835	-0.283	-0.240
3	-1.508	-0.776	25.160	-0.264	-0.234
4	-2.083	-1.226	93.040	-0.725	-0.611
5	-2.084	-0.992	90.510	-0.438	-0.336
6	-0.784	-0.674	213.600	-0.310	-0.295
7	-0.773	-0.604	123.600	-0.463	-0.470
8	-1.116	-0.998	44.970	-0.546	-0.463
9	-1.165	-0.784	23.230	-0.250	-0.203
10	-0.508	-0.407	443.300	-0.332	-0.368
11	-0.717	-0.531	47.070	-0.283	-0.262
12	-0.902	-0.803	32.230	-0.317	-0.253
13	-0.606	-0.397	21.670	-0.241	-0.254
14	-1.175	-0.595	122.300	-0.344	-0.316
15	-0.742	-0.516	380.000	-0.505	-0.561
16	-1.423	-0.750	219.400	-0.486	-0.456
17	-0.540	-0.341	120.800	-0.301	-0.301
18	-0.574	-0.484	23.700	-0.249	-0.243
19	-0.896	-0.615	62.560	-0.384	-0.259
20	-0.734	-0.472	44.540	-0.347	-0.338
21	-0.688	-0.458	42.160	-0.230	-0.219
22	-0.906	-0.734	13.650	-0.317	-0.254
23	-0.770	-0.520	21.580	-0.285	-0.259
24	-0.801	-0.684	55.500	-0.512	-0.449
25	-1.334	-0.956	67.270	-0.393	-0.297
26	-0.465	-0.351	52.040	-0.216	-0.219
27	-1.064	-0.607	50.730	-0.233	-0.223
28	-0.746	-0.385	13.550	-0.179	-0.187
29	-0.606	-0.402	37.900	-0.213	-0.211
30	-1.029	-0.578	201.500	-0.243	-0.219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$Q_{0.012}$	$Q_{0.05}$	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	Q_1
31	-1.037	-0.935	15.220	-0.429	-0.355
32	-1.215	-0.738	10.400	-0.328	-0.289
33	-0.803	-0.534	33.510	-0.222	-0.213
34	-0.678	-0.498	51.550	-0.264	-0.231
35	-0.553	-0.362	37.730	-0.198	-0.211
36	-0.592	-0.392	24.360	-0.172	-0.174
37	-0.658	-0.514	62.660	-0.333	-0.305
38	-0.611	-0.544	206.800	-0.414	-0.396
39	-0.871	-0.687	39.400	-0.386	-0.320
40	-0.516	-0.348	60.030	-0.198	-0.206
41	-0.462	-0.302	27.730	-0.197	-0.214
42	-0.628	-0.429	54.120	-0.181	-0.166
43	-0.566	-0.310	44.570	-0.198	-0.244
44	-0.580	-0.385	21.020	-0.162	-0.157
45	-0.919	-0.524	38.150	-0.230	-0.215
46	-0.733	-0.485	11.090	-0.251	-0.218
47	-0.455	-0.257	17.420	-0.179	-0.206
48	-0.532	-0.358	42.650	-0.199	-0.181
49	-0.436	-0.319	21.760	-0.170	-0.167
50	-0.568	-0.282	12.300	-0.185	-0.211
51	-0.767	-0.364	18.430	-0.171	-0.187
52	-1.087	-0.580	9.860	-0.235	-0.204
53	-0.741	-0.460	12.650	-0.218	-0.202
54	-0.542	-0.282	18.350	-0.160	-0.186
55	-0.855	-0.354	12.810	-0.139	-0.145
56	-0.661	-0.391	10.710	-0.196	-0.190
57	-0.687	-0.416	11.280	-0.160	-0.156
58	-0.593	-0.360	12.970	-0.163	-0.167
59	-0.961	-0.609	11.370	-0.221	-0.188
60	-0.698	-0.438	7.492	-0.156	-0.146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$Q_{0.012}$	$Q_{0.05}$	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	Q_1
61	-0.691	-0.341	257.200	-0.219	-0.262
62	-0.685	-0.490	12.960	-0.205	-0.171
63	-0.523	-0.366	15.720	-0.177	-0.173
64	-0.463	-0.302	57.640	-0.217	-0.265
65	-0.754	-0.378	17.390	-0.187	-0.198
66	-0.670	-0.316	52.420	-0.187	-0.232
67	-0.586	-0.358	12.200	-0.173	-0.176
68	-0.690	-0.550	15.840	-0.221	-0.196
69	-1.133	-0.719	19.760	-0.322	-0.282
70	-0.494	-0.283	52.430	-0.162	-0.193
71	-0.884	-0.496	11.570	-0.193	-0.177
72	-0.561	-0.329	197.900	-0.241	-0.296
73	-0.796	-0.560	28.230	-0.313	-0.283
74	-0.621	-0.289	48.430	-0.151	-0.192
75	-0.873	-0.684	28.510	-0.425	-0.359
76	-0.295	-0.183	85.300	-0.273	-0.360
77	-0.592	-0.377	8.727	-0.233	-0.215
78	-0.611	-0.355	24.010	-0.171	-0.166
79	-0.675	-0.372	13.450	-0.174	-0.177
80	-0.548	-0.303	11.400	-0.160	-0.175
81	-0.623	-0.352	15.800	-0.159	-0.167
82	-0.700	-0.375	19.080	-0.144	-0.141
83	-0.573	-0.359	7.301	-0.174	-0.179
84	-0.895	-0.565	8.796	-0.249	-0.228
85	-0.597	-0.361	8.818	-0.169	-0.176
86	-0.594	-0.304	24.230	-0.172	-0.205
87	-0.827	-0.421	9.624	-0.168	-0.158
88	-0.529	-0.272	10.120	-0.163	-0.192
89	-0.617	-0.347	9.503	-0.177	-0.193
90	-0.526	-0.336	15.110	-0.206	-0.204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	$Q_{0.012}$	$Q_{0.05}$	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	Q_1
91	-0.325	-0.189	45.900	-0.115	-0.127
92	-0.524	-0.274	16.860	-0.178	-0.207
93	-0.471	-0.277	10.860	-0.150	-0.168



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
1	-0.294	-0.334	-0.582	-0.751	-0.957
2	-0.322	-0.426	-0.752	-0.855	-0.903
3	-0.330	-0.445	-0.800	-0.925	-0.925
4	-0.476	-0.500	-0.750	-0.978	-1.293
5	-0.282	-0.322	-0.555	-0.732	-0.959
6	-0.460	-0.629	-1.248	-1.588	-1.972
7	-0.690	-0.855	-1.258	-1.365	-1.420
8	-0.468	-0.546	-0.797	-0.901	-1.015
9	-0.248	-0.329	-0.618	-0.742	-0.836
10	-0.595	-0.793	-1.607	-2.132	-2.720
11	-0.358	-0.466	-0.827	-0.997	-1.133
12	-0.330	-0.441	-0.812	-0.943	-1.019
13	-0.413	-0.533	-0.808	-0.893	-0.950
14	-0.389	-0.478	-0.811	-1.010	-1.162
15	-0.803	-0.960	-1.396	-1.677	-2.024
16	-0.539	-0.633	-0.984	-1.205	-1.463
17	-0.497	-0.634	-1.024	-1.236	-1.481
18	-0.345	-0.452	-0.792	-0.925	-1.018
19	-0.285	-0.346	-0.588	-0.774	-1.045
20	-0.467	-0.578	-0.876	-0.994	-1.111
21	-0.319	-0.413	-0.725	-0.908	-1.122
22	-0.243	-0.278	-0.401	-0.479	-0.583
23	-0.376	-0.434	-0.710	-0.868	-0.927
24	-0.387	-0.421	-0.613	-0.736	-0.893
25	-0.307	-0.380	-0.639	-0.775	-0.939
26	-0.351	-0.440	-0.658	-0.795	-0.985
27	-0.349	-0.471	-0.867	-1.044	-1.203
28	-0.359	-0.504	-0.899	-1.007	-1.038
29	-0.347	-0.473	-0.857	-1.014	-1.133
30	-0.308	-0.412	-0.930	-1.347	-1.874

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
31	-0.356	-0.415	-0.632	-0.725	-0.788
32	-0.345	-0.428	-0.708	-0.824	-0.884
33	-0.334	-0.442	-0.714	-0.827	-0.954
34	-0.284	-0.361	-0.682	-0.917	-1.215
35	-0.375	-0.498	-0.829	-0.942	-1.026
36	-0.316	-0.432	-0.765	-0.882	-0.944
37	-0.425	-0.555	-0.968	-1.114	-1.197
38	-0.468	-0.562	-0.931	-1.141	-1.408
39	-0.365	-0.462	-0.804	-0.957	-1.091
40	-0.348	-0.457	-0.793	-0.984	-1.216
41	-0.382	-0.387	-0.521	-0.916	-1.084
42	-0.256	-0.342	-0.618	-0.763	-0.931
43	-0.514	-0.684	-1.063	-1.135	-1.126
44	-0.264	-0.354	-0.622	-0.747	-0.863
45	-0.281	-0.366	-0.677	-0.815	-0.929
46	-0.229	-0.262	-0.364	-0.413	-0.473
47	-0.361	-0.472	-0.778	-0.863	-0.883
48	-0.255	-0.338	-0.627	-0.791	-0.978
49	-0.265	-0.340	-0.512	-0.578	-0.655
50	-0.388	-0.530	-0.910	-0.993	-0.976
51	-0.390	-0.550	-0.972	-1.077	-1.092
52	-0.258	-0.330	-0.538	-0.615	-0.668
53	-0.289	-0.367	-0.593	-0.685	-0.759
54	-0.385	-0.530	-0.901	-0.999	-1.020
55	-0.271	-0.375	-0.668	-0.769	-0.821
56	-0.293	-0.386	-0.626	-0.702	-0.747
57	-0.277	-0.383	-0.687	-0.800	-0.873
58	-0.294	-0.391	-0.643	-0.724	-0.773
59	-0.232	-0.291	-0.446	-0.499	-0.549
60	-0.224	-0.284	-0.409	-0.446	-0.479

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
61	-0.460	-0.629	-1.170	-1.533	-1.955
62	-0.196	-0.246	-0.419	-0.509	-0.604
63	-0.294	-0.393	-0.651	-0.760	-0.874
64	-0.487	-0.600	-0.896	-1.031	-1.183
65	-0.362	-0.486	-0.824	-0.926	-0.961
66	-0.467	-0.625	-1.014	-1.129	-1.181
67	-0.287	-0.372	-0.607	-0.706	-0.797
68	-0.292	-0.379	-0.579	-0.659	-0.752
69	-0.329	-0.425	-0.762	-0.900	-0.988
70	-0.412	-0.564	-0.955	-1.098	-1.224
71	-0.261	-0.346	-0.636	-0.773	-0.887
72	-0.594	-0.768	-1.222	-1.439	-1.646
73	-0.351	-0.443	-0.710	-0.823	-0.934
74	-0.453	-0.630	-1.036	-1.163	-1.233
75	-0.300	-0.324	-0.458	-0.537	-0.625
76	-0.620	-0.738	-0.992	-1.121	-1.271
77	-0.301	-0.378	-0.539	-0.582	-0.609
78	-0.270	-0.370	-0.697	-0.829	-0.934
79	-0.320	-0.431	-0.693	-0.755	-0.776
80	-0.341	-0.470	-0.783	-0.855	-0.884
81	-0.319	-0.440	-0.785	-0.910	-0.982
82	-0.246	-0.340	-0.657	-0.793	-0.889
83	-0.293	-0.372	-0.549	-0.610	-0.658
84	-0.303	-0.374	-0.517	-0.559	-0.595
85	-0.308	-0.407	-0.680	-0.775	-0.825
86	-0.406	-0.544	-0.917	-1.041	-1.104
87	-0.244	-0.320	-0.534	-0.618	-0.677
88	-0.388	-0.516	-0.809	-0.880	-0.890
89	-0.333	-0.429	-0.672	-0.745	-0.780
90	-0.309	-0.397	-0.640	-0.742	-0.835

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า Q-factor ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz (ต่อ)

No.	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
91	-0.231	-0.315	-0.635	-0.862	-1.153
92	-0.388	-0.511	-0.789	-0.856	-0.882
93	-0.307	-0.410	-0.689	-0.790	-0.855



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.8 ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz

No.	$\theta_{0.012}(\text{Deg})$	$\theta_{0.05}(\text{Deg})$	$\theta_{0.1}(\text{Deg})$	$\theta_{0.5}(\text{Deg})$	$\theta_{1}(\text{Deg})$
1	-1.073	-0.780	65.650	-0.410	-0.336
2	-1.643	-0.827	8.835	-0.283	-0.240
3	-1.508	-0.776	25.160	-0.264	-0.234
4	-2.083	-1.226	93.040	-0.725	-0.611
5	-2.084	-0.992	90.510	-0.438	-0.336
6	-0.784	-0.674	213.600	-0.310	-0.295
7	-0.773	-0.604	123.600	-0.463	-0.470
8	-1.116	-0.998	44.970	-0.546	-0.463
9	-1.165	-0.784	23.230	-0.250	-0.203
10	-0.508	-0.407	443.300	-0.332	-0.368
11	-0.717	-0.531	47.070	-0.283	-0.262
12	-0.902	-0.803	32.230	-0.317	-0.253
13	-0.606	-0.397	21.670	-0.241	-0.254
14	-1.175	-0.595	122.300	-0.344	-0.316
15	-0.742	-0.516	380.000	-0.505	-0.561
16	-1.423	-0.750	219.400	-0.486	-0.456
17	-0.540	-0.341	120.800	-0.301	-0.301
18	-0.574	-0.484	23.700	-0.249	-0.243
19	-0.896	-0.615	62.560	-0.384	-0.259
20	-0.734	-0.472	44.540	-0.347	-0.338
21	-0.688	-0.458	42.160	-0.230	-0.219
22	-0.906	-0.734	13.650	-0.317	-0.254
23	-0.770	-0.520	21.580	-0.285	-0.259
24	-0.801	-0.684	55.500	-0.512	-0.449
25	-1.334	-0.956	67.270	-0.393	-0.297
26	-0.465	-0.351	52.040	-0.216	-0.219
27	-1.064	-0.607	50.730	-0.233	-0.223
28	-0.746	-0.385	13.550	-0.179	-0.187
29	-0.606	-0.402	37.900	-0.213	-0.211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$\theta_{0.012}(\text{Deg})$	$\theta_{0.05}(\text{Deg})$	$\theta_{0.1}(\text{Deg})$	$\theta_{0.5}(\text{Deg})$	$\theta_{1}(\text{Deg})$
30	-1.029	-0.578	201.500	-0.243	-0.219
31	-1.037	-0.935	15.220	-0.429	-0.355
32	-1.215	-0.738	10.400	-0.328	-0.289
33	-0.803	-0.534	33.510	-0.222	-0.213
34	-0.678	-0.498	51.550	-0.264	-0.231
35	-0.553	-0.362	37.730	-0.198	-0.211
36	-0.592	-0.392	24.360	-0.172	-0.174
37	-0.658	-0.514	62.660	-0.333	-0.305
38	-0.611	-0.544	206.800	-0.414	-0.396
39	-0.871	-0.687	39.400	-0.386	-0.320
40	-0.516	-0.348	60.030	-0.198	-0.206
41	-0.462	-0.302	27.730	-0.197	-0.214
42	-0.628	-0.429	54.120	-0.181	-0.166
43	-0.566	-0.310	44.570	-0.198	-0.244
44	-0.580	-0.385	21.020	-0.162	-0.157
45	-0.919	-0.524	38.150	-0.230	-0.215
46	-0.733	-0.485	11.090	-0.251	-0.218
47	-0.455	-0.257	17.420	-0.179	-0.206
48	-0.532	-0.358	42.650	-0.199	-0.181
49	-0.436	-0.319	21.760	-0.170	-0.167
50	-0.568	-0.282	12.300	-0.185	-0.211
51	-0.767	-0.364	18.430	-0.171	-0.187
52	-1.087	-0.580	9.860	-0.235	-0.204
53	-0.741	-0.460	12.650	-0.218	-0.202
54	-0.542	-0.282	18.350	-0.160	-0.186
55	-0.855	-0.354	12.810	-0.139	-0.145
56	-0.661	-0.391	10.710	-0.196	-0.190
57	-0.687	-0.416	11.280	-0.160	-0.156
58	-0.593	-0.360	12.970	-0.163	-0.167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$\theta_{0.012}(\text{Deg})$	$\theta_{0.05}(\text{Deg})$	$\theta_{0.1}(\text{Deg})$	$\theta_{0.5}(\text{Deg})$	$\theta_{1}(\text{Deg})$
59	-0.961	-0.609	11.370	-0.221	-0.188
60	-0.698	-0.438	7.492	-0.156	-0.146
61	-0.691	-0.341	257.200	-0.219	-0.262
62	-0.685	-0.490	12.960	-0.205	-0.171
63	-0.523	-0.366	15.720	-0.177	-0.173
64	-0.463	-0.302	57.640	-0.217	-0.265
65	-0.754	-0.378	17.390	-0.187	-0.198
66	-0.670	-0.316	52.420	-0.187	-0.232
67	-0.586	-0.358	12.200	-0.173	-0.176
68	-0.690	-0.550	15.840	-0.221	-0.196
69	-1.133	-0.719	19.760	-0.322	-0.282
70	-0.494	-0.283	52.430	-0.162	-0.193
71	-0.884	-0.496	11.570	-0.193	-0.177
72	-0.561	-0.329	197.900	-0.241	-0.296
73	-0.796	-0.560	28.230	-0.313	-0.283
74	-0.621	-0.289	48.430	-0.151	-0.192
75	-0.873	-0.684	28.510	-0.425	-0.359
76	-0.295	-0.183	85.300	-0.273	-0.360
77	-0.592	-0.377	8.727	-0.233	-0.215
78	-0.611	-0.355	24.010	-0.171	-0.166
79	-0.675	-0.372	13.450	-0.174	-0.177
80	-0.548	-0.303	11.400	-0.160	-0.175
81	-0.623	-0.352	15.800	-0.159	-0.167
82	-0.700	-0.375	19.080	-0.144	-0.141
83	-0.573	-0.359	7.301	-0.174	-0.179
84	-0.895	-0.565	8.796	-0.249	-0.228
85	-0.597	-0.361	8.818	-0.169	-0.176
86	-0.594	-0.304	24.230	-0.172	-0.205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$\theta_{0.012}(\text{Deg})$	$\theta_{0.05}(\text{Deg})$	$\theta_{0.1}(\text{Deg})$	$\theta_{0.5}(\text{Deg})$	$\theta_{1}(\text{Deg})$
87	-0.827	-0.421	9.624	-0.168	-0.158
88	-0.529	-0.272	10.120	-0.163	-0.192
89	-0.617	-0.347	9.503	-0.177	-0.193
90	-0.526	-0.336	15.110	-0.206	-0.204
91	-0.325	-0.189	45.900	-0.115	-0.127
92	-0.524	-0.274	16.860	-0.178	-0.207
93	-0.471	-0.277	10.860	-0.150	-0.168



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$\theta_{.5}(\text{Deg})$	$\theta_{.10}(\text{Deg})$	$\theta_{.50}(\text{Deg})$	$\theta_{.100}(\text{Deg})$	$\theta_{.200}(\text{Deg})$
1	-0.294	-0.334	-0.582	-0.751	-0.957
2	-0.322	-0.426	-0.752	-0.855	-0.903
3	-0.330	-0.445	-0.800	-0.925	-0.925
4	-0.476	-0.500	-0.750	-0.978	-1.293
5	-0.282	-0.322	-0.555	-0.732	-0.959
6	-0.460	-0.629	-1.248	-1.588	-1.972
7	-0.690	-0.855	-1.258	-1.365	-1.420
8	-0.468	-0.546	-0.797	-0.901	-1.015
9	-0.248	-0.329	-0.618	-0.742	-0.836
10	-0.595	-0.793	-1.607	-2.132	-2.720
11	-0.358	-0.466	-0.827	-0.997	-1.133
12	-0.330	-0.441	-0.812	-0.943	-1.019
13	-0.413	-0.533	-0.808	-0.893	-0.950
14	-0.389	-0.478	-0.811	-1.010	-1.162
15	-0.803	-0.960	-1.396	-1.677	-2.024
16	-0.539	-0.633	-0.984	-1.205	-1.463
17	-0.497	-0.634	-1.024	-1.236	-1.481
18	-0.345	-0.452	-0.792	-0.925	-1.018
19	-0.285	-0.346	-0.588	-0.774	-1.045
20	-0.467	-0.578	-0.876	-0.994	-1.111
21	-0.319	-0.413	-0.725	-0.908	-1.122
22	-0.243	-0.278	-0.401	-0.479	-0.583
23	-0.376	-0.434	-0.710	-0.868	-0.927
24	-0.387	-0.421	-0.613	-0.736	-0.893
25	-0.307	-0.380	-0.639	-0.775	-0.939
26	-0.351	-0.440	-0.658	-0.795	-0.985
27	-0.349	-0.471	-0.867	-1.044	-1.203
28	-0.359	-0.504	-0.899	-1.007	-1.038
29	-0.347	-0.473	-0.857	-1.014	-1.133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$\theta_{5}(\text{Deg})$	$\theta_{10}(\text{Deg})$	$\theta_{50}(\text{Deg})$	$\theta_{100}(\text{Deg})$	$\theta_{200}(\text{Deg})$
30	-0.308	-0.412	-0.930	-1.347	-1.874
31	-0.356	-0.415	-0.632	-0.725	-0.788
32	-0.345	-0.428	-0.708	-0.824	-0.884
33	-0.334	-0.442	-0.714	-0.827	-0.954
34	-0.284	-0.361	-0.682	-0.917	-1.215
35	-0.375	-0.498	-0.829	-0.942	-1.026
36	-0.316	-0.432	-0.765	-0.882	-0.944
37	-0.425	-0.555	-0.968	-1.114	-1.197
38	-0.468	-0.562	-0.931	-1.141	-1.408
39	-0.365	-0.462	-0.804	-0.957	-1.091
40	-0.348	-0.457	-0.793	-0.984	-1.216
41	-0.382	-0.387	-0.521	-0.916	-1.084
42	-0.256	-0.342	-0.618	-0.763	-0.931
43	-0.514	-0.684	-1.063	-1.135	-1.126
44	-0.264	-0.354	-0.622	-0.747	-0.863
45	-0.281	-0.366	-0.677	-0.815	-0.929
46	-0.229	-0.262	-0.364	-0.413	-0.473
47	-0.361	-0.472	-0.778	-0.863	-0.883
48	-0.255	-0.338	-0.627	-0.791	-0.978
49	-0.265	-0.340	-0.512	-0.578	-0.655
50	-0.388	-0.530	-0.910	-0.993	-0.976
51	-0.390	-0.550	-0.972	-1.077	-1.092
52	-0.258	-0.330	-0.538	-0.615	-0.668
53	-0.289	-0.367	-0.593	-0.685	-0.759
54	-0.385	-0.530	-0.901	-0.999	-1.020
55	-0.271	-0.375	-0.668	-0.769	-0.821
56	-0.293	-0.386	-0.626	-0.702	-0.747
57	-0.277	-0.383	-0.687	-0.800	-0.873
58	-0.294	-0.391	-0.643	-0.724	-0.773

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	θ_5 (Deg)	θ_{10} (Deg)	θ_{50} (Deg)	θ_{100} (Deg)	θ_{200} (Deg)
59	-0.232	-0.291	-0.446	-0.499	-0.549
60	-0.224	-0.284	-0.409	-0.446	-0.479
61	-0.460	-0.629	-1.170	-1.533	-1.955
62	-0.196	-0.246	-0.419	-0.509	-0.604
63	-0.294	-0.393	-0.651	-0.760	-0.874
64	-0.487	-0.600	-0.896	-1.031	-1.183
65	-0.362	-0.486	-0.824	-0.926	-0.961
66	-0.467	-0.625	-1.014	-1.129	-1.181
67	-0.287	-0.372	-0.607	-0.706	-0.797
68	-0.292	-0.379	-0.579	-0.659	-0.752
69	-0.329	-0.425	-0.762	-0.900	-0.988
70	-0.412	-0.564	-0.955	-1.098	-1.224
71	-0.261	-0.346	-0.636	-0.773	-0.887
72	-0.594	-0.768	-1.222	-1.439	-1.646
73	-0.351	-0.443	-0.710	-0.823	-0.934
74	-0.453	-0.630	-1.036	-1.163	-1.233
75	-0.300	-0.324	-0.458	-0.537	-0.625
76	-0.620	-0.738	-0.992	-1.121	-1.271
77	-0.301	-0.378	-0.539	-0.582	-0.609
78	-0.270	-0.370	-0.697	-0.829	-0.934
79	-0.320	-0.431	-0.693	-0.755	-0.776
80	-0.341	-0.470	-0.783	-0.855	-0.884
81	-0.319	-0.440	-0.785	-0.910	-0.982
82	-0.246	-0.340	-0.657	-0.793	-0.889
83	-0.293	-0.372	-0.549	-0.610	-0.658
84	-0.303	-0.374	-0.517	-0.559	-0.595
85	-0.308	-0.407	-0.680	-0.775	-0.825
86	-0.406	-0.544	-0.917	-1.041	-1.104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่า θ ที่ความถี่ 0.012,0.05,0.1,0.5,1,5,10,50,100 และ 200 Hz(ต่อ)

No.	$\theta_{.5}(\text{Deg})$	$\theta_{.10}(\text{Deg})$	$\theta_{.50}(\text{Deg})$	$\theta_{.100}(\text{Deg})$	$\theta_{.200}(\text{Deg})$
87	-0.244	-0.320	-0.534	-0.618	-0.677
88	-0.388	-0.516	-0.809	-0.880	-0.890
89	-0.333	-0.429	-0.672	-0.745	-0.780
90	-0.309	-0.397	-0.640	-0.742	-0.835
91	-0.231	-0.315	-0.635	-0.862	-1.153
92	-0.388	-0.511	-0.789	-0.856	-0.882
93	-0.307	-0.410	-0.689	-0.790	-0.855



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.9 ตารางที่ 9 ผลการทดลองแบบไม่ทำลาย

No.	Weight(kg)	Density(kg/cm ³)	chroma	GMD
1	1.163	0.986	20.709	11.940
2	1.593	0.965	22.023	12.767
3	0.964	1.022	23.022	10.755
4	1.153	0.940	21.223	11.504
5	1.041	0.975	19.987	10.953
6	1.002	1.015	16.020	10.996
7	0.944	0.956	20.227	9.759
8	1.096	1.009	24.184	11.392
9	1.045	1.007	19.335	10.603
10	0.941	0.965	12.778	10.090
11	0.882	0.972	11.069	10.312
12	0.908	0.918	20.095	10.638
13	1.174	0.967	9.589	5.859
14	1.101	1.050	26.230	11.530
15	1.027	0.982	13.051	11.283
16	1.135	1.008	21.261	11.690
17	1.021	0.995	24.635	11.198
18	1.084	1.022	24.380	11.698
19	1.131	0.983	31.038	12.350
20	1.128	1.004	19.916	11.663
21	1.119	0.961	17.336	11.776
22	1.091	0.992	25.712	12.079
23	1.210	1.049	27.269	12.079
24	1.258	1.060	28.034	12.422
25	1.236	1.061	23.504	12.010
26	1.172	1.011	15.768	12.135
27	1.246	0.953	19.028	10.959
28	1.156	1.035	26.550	10.997
29	1.183	1.039	18.349	11.106
30	1.172	1.032	18.625	11.800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลการทดลองแบบไม่ทำลาย(ต่อ)

No.	Weight(kg)	Density(kg/cm ³)	chroma	GMD
31	1.317	1.022	29.847	11.827
32	1.269	1.028	38.141	11.066
33	1.183	1.015	21.796	11.160
34	1.138	1.006	22.078	10.343
35	1.172	1.000	36.602	11.657
36	1.178	0.969	31.134	11.923
37	1.103	1.040	30.645	11.543
38	1.062	1.023	23.042	11.330
39	1.190	1.021	24.733	11.805
40	1.170	0.949	17.577	11.922
41	1.158	0.963	28.007	11.739
42	1.195	1.010	30.637	11.788
43	1.301	1.017	20.917	11.954
44	1.286	0.995	39.792	11.705
45	1.249	1.011	37.085	11.805
46	1.316	1.004	39.985	12.233
47	1.322	1.008	27.907	12.499
48	1.204	0.950	25.130	11.980
49	1.255	0.950	26.755	11.833
50	1.329	0.931	25.304	12.158
51	1.273	1.076	22.387	12.197
52	1.434	1.027	29.459	12.179
53	1.206	0.961	22.984	11.402
54	1.451	1.005	21.781	12.286
55	1.196	0.987	19.546	11.980
56	1.329	0.930	21.816	11.969
57	1.045	0.941	28.818	11.511
58	1.249	0.992	24.125	11.696
59	1.154	0.973	22.189	11.697
60	1.334	0.994	22.815	12.124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลการทดลองแบบไม่ทำลาย(ต่อ)

No.	Weight(kg)	Density(kg/cm ³)	chroma	GMD
61	1.518	1.019	18.551	10.427
62	1.322	1.026	29.107	10.723
63	1.648	0.996	22.131	11.465
64	1.413	1.003	12.884	10.579
65	1.382	1.020	23.153	10.740
66	1.508	1.027	15.567	11.503
67	1.329	0.997	25.644	10.735
68	1.314	1.030	33.140	11.483
69	1.291	1.006	17.926	10.462
70	1.316	0.997	11.382	10.420
71	1.258	1.023	19.911	11.759
72	1.187	0.983	24.181	11.799
73	1.552	0.987	19.717	12.703
74	1.523	0.978	15.250	12.851
75	1.431	0.992	26.562	12.606
76	1.205	0.970	18.064	11.726
77	1.275	1.002	21.487	9.980
78	1.247	0.977	19.057	10.376
79	1.263	0.975	18.079	12.054
80	1.383	0.995	21.084	12.364
81	1.022	1.012	22.458	11.323
82	1.183	1.021	17.930	11.634
83	1.118	1.013	20.433	11.375
84	1.528	1.019	25.742	12.858
85	1.345	0.982	21.512	12.332
86	1.323	0.980	21.449	12.620
87	1.244	1.015	27.787	11.567
88	1.346	1.027	21.523	12.051
89	1.449	1.017	23.146	12.449
90	1.296	0.919	21.033	12.067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลการทดลองแบบไม่ทำลาย(ต่อ)

No.	Weight(kg)	Density(kg/cm ³)	chroma	GMD
91	1.218	0.990	23.695	12.060
92	1.456	1.015	20.665	12.864
93	1.410	1.017	21.295	12.626



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.10 ตารางที่ 10 ผลการทดลองแบบทำลาย

No.	TA(%)	TTS(brix)	TEX(N)	MC(%)	RE(%)	B/A(°Brix/%TA)
1	0.055	13.300	1.511	81.350	76.598	241.492
2	0.084	14.100	1.154	81.149	75.394	168.072
3	0.050	14.500	2.288	79.590	70.844	290.283
4	0.063	12.400	1.534	83.396	72.968	197.581
5	0.046	15.500	2.756	81.097	66.048	336.161
6	0.040	12.000	1.923	80.285	67.724	302.230
7	0.038	10.900	2.579	78.423	69.437	283.677
8	0.051	14.200	1.250	78.265	70.378	277.171
9	0.040	12.800	1.201	79.875	72.891	317.262
10	0.042	12.500	2.041	79.857	73.343	295.743
11	0.041	12.200	2.215	79.386	64.821	297.666
12	0.038	13.900	1.736	79.549	73.096	361.753
13	0.036	12.400	2.122	69.085	67.199	345.766
14	0.067	12.400	2.592	80.703	78.175	186.182
15	0.053	11.700	2.071	78.126	66.441	220.118
16	0.063	12.000	1.676	80.915	79.967	191.207
17	0.049	12.500	1.520	81.163	72.923	256.830
18	0.044	12.200	2.139	84.589	75.946	280.156
19	0.059	11.400	1.185	84.081	75.442	193.493
20	0.065	11.400	1.481	83.964	77.090	176.251
21	0.077	12.000	1.399	82.672	68.556	154.862
22	0.047	13.700	1.596	75.438	63.933	289.093
23	0.061	12.400	1.451	80.969	63.328	201.697
24	0.046	14.700	1.748	78.241	58.549	318.811
25	0.053	13.500	1.512	80.312	57.962	257.080
26	0.072	10.550	1.896	82.583	74.299	145.788
27	0.072	12.500	1.753	84.500	80.913	174.277
28	0.077	12.800	1.404	83.373	78.011	166.563
29	0.069	12.300	1.599	82.879	78.850	177.840
30	0.055	12.300	1.898	81.532	79.278	223.334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลการทดลองแบบทำลาย(ต่อ)

No.	TA(%)	TTS(brix)	TEX(N)	MC(%)	RE(%)	B/A(°Brix/%TA)
31	0.068	11.800	0.987	78.534	59.066	173.830
32	0.065	12.500	0.910	79.947	68.418	191.363
33	0.060	12.400	1.927	81.481	70.039	205.988
34	0.054	13.500	1.575	81.351	77.053	250.959
35	0.058	12.400	1.423	85.383	80.161	215.143
36	0.060	13.100	1.162	85.727	81.359	217.617
37	0.067	13.300	1.600	84.381	78.534	197.793
38	0.077	11.700	1.301	85.058	80.398	152.249
39	0.070	12.600	1.390	84.479	75.159	178.865
40	0.064	13.500	1.657	83.940	74.597	210.806
41	0.064	12.700	1.814	83.038	76.019	198.314
42	0.054	12.000	1.409	84.704	77.251	220.450
43	0.065	13.000	1.405	84.368	75.776	199.018
44	0.070	12.650	1.249	84.501	78.381	179.575
45	0.066	13.600	1.792	82.439	77.779	206.182
46	0.092	12.200	1.377	83.728	81.309	133.221
47	0.063	12.000	1.756	84.116	80.155	189.276
48	0.064	14.200	1.218	84.214	81.789	221.736
49	0.074	12.200	1.643	83.379	80.705	165.657
50	0.060	12.200	1.475	84.589	78.951	202.666
51	0.056	13.200	1.926	85.568	81.174	234.229
52	0.063	12.900	1.070	79.850	79.279	203.471
53	0.068	16.000	1.470	84.997	79.309	235.702
54	0.074	13.900	1.364	85.151	81.350	187.114
55	0.064	12.900	1.281	84.701	76.912	201.437
56	0.060	12.900	1.728	84.787	79.250	214.294
57	0.063	12.700	1.614	83.606	75.115	202.361
58	0.068	13.000	1.434	84.958	79.745	191.508
59	0.066	13.700	1.557	84.468	77.247	207.698
60	0.069	13.400	1.176	84.589	76.129	193.745

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลการทดลองแบบทำลาย(ต่อ)

No.	TA(%)	TTS(brix)	TEX(N)	MC(%)	RE(%)	B/A(°Brix/%TA)
61	0.044	11.700	2.117	84.869	76.770	268.674
62	0.050	12.100	0.921	85.001	76.756	242.236
63	0.065	11.800	1.296	84.005	80.456	182.435
64	0.090	12.000	2.028	81.479	77.003	132.896
65	0.047	12.900	1.552	85.180	75.200	272.212
66	0.058	11.800	1.885	84.400	77.557	204.733
67	0.082	14.300	1.623	82.827	70.663	174.452
68	0.065	11.200	1.093	83.720	71.859	173.159
69	0.063	14.150	1.946	83.373	74.179	225.465
70	0.058	13.700	1.517	83.757	72.880	237.699
71	0.079	12.600	1.112	85.855	78.390	158.671
72	0.060	14.300	1.528	85.126	79.516	237.551
73	0.065	13.500	2.145	85.060	81.106	206.672
74	0.060	11.900	1.981	83.657	78.969	199.808
75	0.077	12.600	0.743	84.818	75.249	163.960
76	0.051	10.200	2.222	85.497	76.324	201.614
77	0.045	13.100	1.592	83.899	76.727	292.228
78	0.055	13.300	1.650	84.498	76.481	241.492
79	0.061	13.700	1.474	82.985	78.594	222.842
80	0.053	12.700	1.970	77.871	77.920	241.846
81	0.051	13.500	1.749	80.569	70.857	263.507
82	0.104	12.100	1.169	82.576	70.438	116.632
83	0.063	14.300	1.390	82.824	73.139	227.855
84	0.044	12.700	1.267	84.653	70.904	287.411
85	0.079	12.200	1.621	83.201	69.140	154.883
86	0.093	10.600	1.787	83.460	71.883	114.153
87	0.058	13.900	1.388	81.265	73.045	238.519
88	0.055	12.900	1.457	83.181	74.639	234.229
89	0.057	12.800	1.606	82.775	73.768	224.579
90	0.062	12.100	1.837	81.859	70.241	194.788

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลการทดลองแบบทำลาย(ต่อ)

No.	TA(%)	TTS(brix)	TEX(N)	MC(%)	RE(%)	B/A(°Brix/%TA)
91	0.067	12.100	1.789	83.199	65.915	181.677
92	0.060	12.500	1.405	83.596	70.827	207.649
93	0.087	11.100	1.319	81.344	74.814	127.448



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายสนธิสุข อีระชัยชยุติ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Sontisuk Teerachaichayut
- ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 0 2 329 8000 ต่อ 7267 โทรสาร 0 2329 8526 -7
E-mail : sontisuk.te@kmitl.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ/ประเทศ	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2529/ไทย	ตรี	วศ.บ.(วิศวกรรม ศาสตร์บัณฑิต)	วิศวกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์
2537/ไทย	โท	วศ.ม.(วิศวกรรม ศาสตร์มหาบัณฑิต)	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
2550/ไทย	เอก	ปร.ด.(เทคโนโลยีหลัง การเก็บเกี่ยว)	เทคโนโลยีหลังการ เก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์

- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย
- ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2554. แห่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว.
2. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2554. การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการ ดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นแบบทะลุผ่าน.
3. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2555. การสกัดน้ำสับปะรดและผลิตเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกสับปะรด.
4. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2556. การตรวจสอบคุณภาพมังคุดด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรด
5. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2556. การศึกษาปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย: วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบโดยพิจารณาที่ตำแหน่งและระดับความสุกรสโกปี
6. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2557. การวิเคราะห์ภาพการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดความละเอียดสูงสำหรับทำนายความสดของไข่ไก่
7. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2557.การทำนายความหนาแน่นของผลมังคุดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพ
8. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2558. การคัดแยกพันธุ์และคุณภาพของผลมะนาวโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดความละเอียดสูง
9. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2559. การทำนายคุณภาพของผลมะนาวแบบไม่ทำลายโดยใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้า
10. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2559. การทำนายคุณภาพของข้าวโพดหวานแบบไม่ทำลายโดยเทคนิควิเคราะห์ภาพการดูดกลืนพลังงาน
11. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2560. การทำนายคุณภาพภายในของผลสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิควิเคราะห์พหุตัวแปรจากคุณสมบัติทางไฟฟ้า
12. สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2560. การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายสำหรับลูกชิ้นหมูโดยเทคนิคการวิเคราะห์การดูดกลืนแสงย่านใกล้อินฟราเรด

ชื่องานวิจัยที่เผยแพร่

สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2535. อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ไทย: อะไรคืออะไร.วารสารการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยี 7 (1): 67-70.

ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล, ชลิต ชูประทีป, สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2535.โรงงานนำทางผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ วท.วารสารการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยี 7 (1): 73-82.

สนธิสุข ธีระชัยชยติ, ดำรงชัย สิทธิสำอางค์, เพ็ญศิริ อนันต์รักสกุล, พรภัทธา ศรีนรคุตร, युพากรณ์ ทับนาโคก. 2536. การวิจัยเครื่องเคลือบแบบต่อเนื่องชนิดเคลือบเค็มสำหรับอาหารขบเคี้ยว. โครงการวิจัยที่ ภ.32-06, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 36 หน้า

สนธิสุข ธีระชัยชยติ. 2547. ประเมินผลเทคนิคการแช่แข็งข้าวโพดอ่อน. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง 12(2): 39-41.

วารุณี ธนะแพสย์, สนธิสุข ธีระชัยชยติ, สุมาพร เกษมสำราญ, and Young Kil Kwon. 2548. การตรวจสอบคุณภาพภายในของส้มโดยวิธีไม่ทำลายด้วยเทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น. สัมมนาวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 3, 10-11 ตุลาคม 2548, หน้า 57.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สนธิสุข อีระชัยชยติ, วารุณี ธนะแพสย์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, ศุมาพร เกษมสำราญ. 2551. การหาปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39 (3 พิเศษ): 156-159.
- สนธิสุข อีระชัยชยติ, วารุณี ธนะแพสย์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, ศุมาพร เกษมสำราญ. 2552. การประเมินปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้แสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 (1): 55-64.
- สนธิสุข อีระชัยชยติ, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, จุฑามาศ ผลอุดม และวรรณชยา เอื้ออมเสถียรพร. 2553. การทำนายอาการเนื่อแก้วจากน้ำมังคุดโดยใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1 พิเศษ): 385-388.
- ชนิษฐา แสงแก้ว และ สนธิสุข อีระชัยชยติ. 2553. คุณสมบัติทางกายภาพของเปลือกมังคุดภายหลังการตกกระทบ. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า. 2(1): 27-35.
- สนธิสุข อีระชัยชยติ, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, วารุณี ธนะแพสย์ และ ชนิษฐา แสงแก้ว. 2554. ความเป็นไปได้ในการคัดแยกผลมังคุดเปลือกแข็งแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ): 143-146.
- สนธิสุข อีระชัยชยติ. 2555. การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมังคุดแบบไม่ทำลาย. วารสารการวิจัยและพัฒนายุทธศาสตร์และเทคโนโลยี 27 (1): 55-60.
- กัญญาพัชร เพชรภรณ์ และ สนธิสุข อีระชัยชยติ. 2555. ผลกระทบของการเกิดเชื้อราภายในมะเขือเทศต่อคุณสมบัติทางเคมี. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ 1, 7 กันยายน 2555, คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 279-284.
- ศรัญญา วอชวา และ สนธิสุข อีระชัยชยติ. 2555. การศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมังคุดเปลือกแข็งภายหลังการตกกระทบ. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ 1, 7 กันยายน 2555, คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 285-290.
- สนธิสุข อีระชัยชยติ, รุติพงศ์ ทิพย์แก้ว, ธนภฤต ชุตระรัตน์ และธัชคม ลีลับ. 2556. เครื่องวัดความแน่นเนื้อของผลไม้แบบน้ำหนักกด. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ 2, 30 สิงหาคม 2556, คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 185-190.
- สนธิสุข อีระชัยชยติ. 2556. สถานการณ์ระบบคัดแยกคุณภาพผลไม้สดแบบออนไลน์ในประเทศไทย. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2556: 194-210.
- ปิยะมาศ จานนอก, อีสยาภรณ์ การรุ่งเรือง, อรวรรณ ทองนาถ, อัฐพัส จานนอก, ภาณุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง และ สนธิสุข อีระชัยชยติ. 2556. การทำนายความถ่วงจำเพาะของไซท์ด้วยเทคนิค NIRS. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 4 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, 135-139.
- Teerachaichayut, S., K. Y. Kil, A. Terdwongworakul, W. Thanapase and Y. Nakanishi. 2007. Non-destructive prediction of translucent flesh disorder in intact mangosteen by short wavelength near infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 43. 202-206.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, and S. Pathaveerat. 2008. Multiple Parameters for Prediction of Translucent Flesh in Mangosteens. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol.X. Manuscript FP 08 007.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Teerachaichayut S., W. Thanapase, K. Shigefuji, T. Otoi, Y. Nitta, S. Saranwong, and S. Kawano. 2008. Online Near Infrared Detection of Translucent and Gamboge Mangosteen. Proceeding of The First Asian NIR Symposium and The 24th Japanese NIR Forum, 158-159. Tsukuba city, Japan, 10-14 November.
- Kasemsumran, S., W. Thanapase, S. Teerachaichayut, A. Terdwongworakul, K. Y. Kil, K. Shigefuji, and Y. Nakanishi. Nondestructive Internal Quality Evaluation of Thai Orange Fruit using Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy. Japan-Korea Joint Symposium on Near Infrared Spectroscopy, 284-285. Hanyang University, Korea, 28-30 June.
- Thanapase, W., S. Kaseamsumran, A. Janhiran, S. Teerachaichayut, K. Shigefuji, K. Kiji, Y. Nitta, S. Saranwong and S. Kawano. 2009. Recent collaborative researches between Japan and Thailand on NIR applications for Tropical Fruits. Proceedings of the 25th NIR Forum. 31-35. Japan, 13-15 May.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, J. Phonudom and W. Uamsatianporn. 2009. The Robustness of PLS Models for Soluble Solids Content of Mangosteen using Near Infrared Reflectance Spectroscopy. Global Science Books, Fresh Produce 3(1): 60-63.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, W. Thanapase, K. Saengkaew and R. Suwapanich. 2010. Feasibility of visible and SW-NIR spectroscopy to detect gamboge disorder in mangosteen fruits. Proceedings of the 2nd Asian Symposium on Near Infrared Spectroscopy, China, 15-18 Oct. 81-82.
- Teerachaichayut, S., W. Thanapase, S. Kasemsumran, K. Shigefuji, K. Kiji, Y. Nitta, S. Saranwong and S. Kawano. 2010. The methods of illumination and scanning for detecting internal disorders and quality of mangosteen by near infrared spectroscopy. Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 14th international Conference. IM Publications LLP, West Sussex, UK., 219-223.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, W. Thanapase, K. Kiji. 2011. Non-destructive prediction of Hardening pericarp disorder in intact mangosteen by near infrared transmittance spectroscopy. Journal of Food Engineering 106 (2011) 206-211.
- Terdwongworakul, A., N. Nakawajana, S. Teerachaichayut, A. Janhiran. 2012. Determination of translucent content in mangosteen by means of near infrared transmittance. Journal of Food Engineering 109: 114-119.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul. 2012. Empirical investigation of the optimal fruit presentation in near infrared transmittance for mangosteen quality evaluation. NIR news 23(1) :8-18
- Teerachaichayut, S., K. Petcharaporn and S. Suktanarak. 2012. Calibration model of soluble solids content for Intact Tomato by Transmittance SW-NIR Spectroscopy. Proceedings of the 3rd Asian Symposium on Near Infrared Spectroscopy, Thailand, 14-18 May. 120-121.
- Teerachaichayut, S., A. Terdwongworakul, K. Keawsumnuk, M. Rangsi and K. Seangkeaw. 2012. A Feasibility Study for the Nondestructive Detection of Granulation in Tangerine Fruit Using a Capacitance based Technique. Proceedings of the CIGR-AgEng 2012: International Conference of Agricultural Engineering, Spain, 8-12 July, P0122.

- Terdwongworakul A., S. Teerachaichayut, S. Noypitak. 2012. Non-Destructive Classification of Translucent Flesh Mangosteen by Near Infrared Interactance. Proceedings of the CIGR-AgEng 2012: International Conference of Agricultural Engineering, Spain, 8-12 July. C0059.
- Nandee S. and S. Teerachaichayut. 2012. Brix-acid ratio detection for pomegranates using multivariate equation. International Conference on Nutrition and Food Sciences, July 23-24. IPCBEE vol.39 (2012) IACSIT Press, Singapore. 82-86.
- Suktanarak S. and S. Teerachaichayut. 2012. Detection for Moisture Content of Sweet Tamarind flesh by Transmittance Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy. International Conference on Nutrition and Food Sciences, July 23-24. IPCBEE vol.39 (2012) IACSIT Press, Singapore. 71-75.
- Petcharaporn K. and S. Teerachaichayut. 2012. Detection of Undesirable Internal Discoloring of Intact Tomatoes by Non-Destructive, Transmittance VIR-NIR Spectroscopy. International Conference on Food and Applied Bioscience 2012, 6-7 February. Chiang Mai, Thailand. 82-86.
- Suktanarak, S. and S. Teerachaichayut. 2013. Quantitative Analysis of Total Soluble Solids and Titratable Acidity of Sweet Tamarind by SW-NIRS. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 3, No. 4, 328-331.
- Sukwanit S. and S. Teerachaichayut. 2013. Non-destructive prediction of internal browning in pineapple using transmittance short wavelength near infrared spectroscopy. Southeast Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems and Asia Pacific Symposium on Postharvest Quality Management of Root and Tuber Crops. Acta Horticulturae 989. ISHS: 395-399.
- Kaewsaard, S., S. Kerdpi boon, Y. Peuchkamut, S. Teerachaichayut. 2013. Relationships between Physical property, Chemical composition and Marbling Score of Sirloin Beef Steak. 13th ASEAN Food Conference, 9-11 September 2013, Singapore. Meeting Future Food Demands: Security & Sustainability.
- Sasathorn Srivichien and Sontisuk Teerachaichayut. 2014. Comparison of nitrate content in 'Smooth Cayenne' pineapple flesh related to its different cut sections, maturity and crop season. Journal of Advanced Agricultural Technologies, Vol. 1, No.1, 65-68.
- Sasathorn Srivichien and Sontisuk Teerachaichayut. 2014. Comparison of nitrate content in 'Smooth Cayenne' pineapple flesh related to its different cut sections, maturity and crop season. Proceeding of The 4th International Conference on Asia Agriculture and Animal (ICAAA 2014), Bangkok, Thailand, June 9-10, 33-36.
- SasathornSrivichien and SontisukTeerachaichayut. 2014. Quality classification of pineapple based on nitrate level by Vis-NIRS. Proceeding of The 4th Asian NIR Symposium, Daegu, Korea, June 17-20, 130-132.
- Sontisuk Teerachaichayut, Isayapron Kanrungrueng, Orawan Thongnak, Oattharod Channok, Panuwat Supprung, Piyamart Jannok. 2014. Freshness Prediction of Hen Eggs Using NIR Spectroscopy Based on Specific Gravity. Proceeding of International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014), Bali, Indonesia, June 27-29, 585-592.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pattama Supaphon, Soraya Kerdpi boon, Yuporn Peuchkamut, Sontisuk Teerachaichayut, Pramoun Srikalong, Panadda Nonthanum. 2014. Surface Images and Physical Properties Correlation of Sirloin Steak by Pearson'S Correlation And Multiple Linear Regression Analysis. Proceeding of International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014), Bali, Indonesia, June 27-29, 593-601.
- Jannok, P., Petcharaporn, K. and Teerachaichayut, S. 2014. Detection of internal mold infection in tomato by transmittance near infrared spectroscopy. *Acta Hort. (ISHS)* 1053:93-99.
- Teerachaichayut, S., Suktanarak, S. and Kasemsumram, S. 2014. Non-destructive detection of internal mold infection in sweet tamarind using short wavelength near infrared spectroscopy. *Acta Hort. (ISHS)* 1053:113-119
- Srivichien, S., A. Terdwongworakul, S. Teerachaichayut. 2015. Quantitative prediction of nitrate level in intact pineapple using Vis-NIRS. *Journal of Food Engineering* 150: 29-34.
- Teerachaichayut S., Yokswad W., Terdwongworakul A., Jannok P., Fernandes S.V. 2015. Application of Image Analysis for Determination of Mangosteen Density. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 2(2): 92-97.
- Natrapee Nakawajana, Anupun Terdwongworakul, Sontisuk Teerachaichayut. 2016. Minimally destructive assessment of mangosteen translucency based on electrical impedance measurements. *Journal of Food Engineering* 171: 137-144
- Sineenart Suktanarak, Sontisuk Teerachaichayut and Panuwat Supprung. 2016. Prediction of moisture content in sweet corn by reflectance NIR spectroscopy. *Proceedings of the 5th Asian Near Infrared Symposium and the 32nd Japanese NIR Forum, Kagoshima, Japan, 30 Nov-3 Dec.* 260-261.
- Sirikarn Boonpiam, Nattaporn Suttiwijitpukdee and Sontisuk Teerachaichayut. 2016. Nondestructive Classification of Pork Meatball Containing Borax by Near Infrared Spectroscopy. *Proceedings of the 5th Asian Near Infrared Symposium and the 32nd Japanese NIR Forum, Kagoshima, Japan, 30 Nov-3 Dec.* 268-269.
- Ho Thanh Huong, Sontisuk Teerachaichayut, Panuwat Supprung and Tiradech Damrongpowan. 2016. Classification of lime varieties by NIR spectroscopy. *Proceedings of the 5th Asian Near Infrared Symposium and the 32nd Japanese NIR Forum, Kagoshima, Japan, 30 Nov-3 Dec.* 264-265.
- Sadudee Phonmakham and Sontisuk Teerachaichayut. 2016. Transmittance near infrared spectroscopy for firmness detection of marian plum (*Bouea burmanica* Griff.). *Proceedings of the 5th Asian Near Infrared Symposium and the 32nd Japanese NIR Forum, Kagoshima, Japan, 30 Nov-3 Dec.* 226-227.
- Suktanarak, S., Supprung, P. and Teerachaichayut, S. 2017. Classification of sweet corn based on storage time after harvest using near infrared spectroscopy. *Acta Hort. (ISHS)* 1152:47-54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Huong, H.T. and Teerachaichayut, S. 2017. Non-destructive prediction of moisture content of lime (*Citrus aurantifolia* Swingle 'Paan') by multiple regression analysis of its electrical and physical properties. *Acta Hort.* (ISHS) 1152:299-306.
- Kerdpi boon, S., Supaphon, P., Teerachaichayut, S. and Peuchkamut, Y. 2017. Tenderness of sirloin beef affected by sous-vide cooking. The 63rd International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST 2017), 13-18 August 2017. Cork, Ireland. Submitted. (Grant: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang).
- Sontisuk Teerachaichayut, Huong Thanh Ho. 2017. Non-destructive prediction of total soluble solids, titratable acidity and maturity index of limes by near infrared hyperspectral imaging. *Postharvest Biology and Technology* 133: 20-25.
- Suktanarak, S., Teerachaichayut, S. 2017. Non-destructive quality assessment of hens' eggs using hyperspectral images. *Journal of Food Engineering* 215: 97-103.





แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2560

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การทำนายคุณภาพของผลมะนาวแบบไม่ทำลายโดยใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้า

(ภาษาอังกฤษ) Non-destructive prediction of lime's qualities using electrical properties

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัย รศ.ดร. สนธิสุข อีระชัยขยติ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 01/10/2559 ถึงวันที่ 30/09/2560

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 01/10/2559 ถึงวันที่ 30/09/2560

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ

งวดที่ 1 278,800 บาท 85 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ค/ป) 26/01/2560

งวดที่ 2 49,200 บาท 15 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ค/ป) 25/07/2560

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณทั้งหมด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (บาท)
งบบุคลากร : ค่าจ้างชั่วคราว	150,000-	150,000-	-
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าวัสดุ+ค่าใช้สอย	178,000	178,119.02	-119.02
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	328,000	328,119.02	-119.02-

(รศ.ดร. สนธิสุข อีระชัยขยติ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

30 / พ.ย. / 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าที่การเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้อง
กับภารกิจได้ หากมีข้อสงสัยหรือข้อขัดแย้งใดๆ กรุณาติดต่อฝ่ายบริหารโครงการ และแจ้งผู้อำนวยการโครงการทราบ
กับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือขอความอื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้