

สมการหลายตัวแปรสำหรับทำนายคุณภาพภายในของมะพร้าวอ่อน

Multivariate detective model for internal quality of fresh young coconut



T124526



กัลยาทัศน์ วัฒนบุตร
อนัญญา หอวัฒนพาณิชย์

ร.พ.
ท.4/๑๖

เลขหมู่..... 2654

เลขทะเบียน..... 124526

วัน, เดือน, ปี..... 3 1๓๑ 255๖

b. 12480526

i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ สมการหลายตัวแปรสำหรับทำนายคุณภาพภายในของมะพร้าวอ่อน
นักศึกษา นางสาวกัลยาทัศนีย์ วัฒนบุตร รหัสประจำตัวนักศึกษา 51080138
นางสาวอนัญญา หอวัฒนพานิชย์ รหัสประจำตัวนักศึกษา 51080194
ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร
พ.ศ. 2554
อาจารย์ผู้สอนปัญหาพิเศษ ผศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยชยุติ

บทคัดย่อ

มะพร้าว น้ำหอม (Aromatic coconut) ถือเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่สามารถส่งออกไปทั่วโลกเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศเป็นอย่างมาก อีกทั้งมะพร้าวน้ำหอมยังมีคุณประโยชน์ทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ แต่พบว่ายังประสบปัญหาเกี่ยวกับการคัดเลือกที่มีคุณภาพและมาตรฐานที่แน่นอน ซึ่งโดยทั่วไปมักอาศัยการพิจารณาจากคุณสมบัติภายนอกและทางเคมีเพื่อสร้างสมการทำนายปริมาณน้ำมะพร้าว ค่าความหวาน เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด และ ความหนาเนื้อของมะพร้าวอ่อน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพภายนอกทั้งขนาด สี รูปทรง ค่าการเก็บประจุไฟฟ้า ค่าการต้านทานของประจุไฟฟ้า น้ำหนัก ความหนาแน่นของผลมะพร้าวอ่อน ปริมาตรของผลมะพร้าวอ่อน ค่าแรงฉีกเปลือก ค่าความชื้นเปลือกเขียว เพื่อนำมาวิเคราะห์จากข้อมูลทางสถิติที่ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป สร้างเป็นสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง (Multiple Linear Regression) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งมะพร้าวจำนวนทั้งหมด 100 ผลออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มสร้างสมการ 70 ผลและกลุ่มทดสอบสมการ 30 ผล สำหรับสร้างสมการทำนายที่ดีที่สุดคือสมการสำหรับการทำนายค่าปริมาณน้ำมะพร้าว โดยใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมด 16 ตัว โดยพิจารณาจากค่า R^2 สูงสุด ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 84.4% ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) ที่ได้จากการห้องปฏิบัติการพบว่าจะมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลเท่ากับ 0.8815 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการที่จะเลือกผลมะพร้าวให้มีปริมาณน้ำมะพร้าวเยอะๆหรือมีรสชาติหวาน โดยการพิจารณารูปร่างจากลักษณะภายนอกจะเลือกผลมะพร้าวที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับทรงกลม

กัลยาทัศนีย์ วัฒนบุตร อนัญญา หอวัฒนพานิชย์ 
(กัลยาทัศนีย์ วัฒนบุตร) (อนัญญา หอวัฒนพานิชย์) (ผศ.ดร. สนธิสุข ชีระชัยชยุติ)
ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาผศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ ที่มีอบความรู้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาอย่างเต็มที่ ตลอดจนการทำปัญหาพิเศษนี้ขึ้นขณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

รวมทั้งขอขอบคุณดร.ประมวล ศรีกาหลง กรรมการผู้สอบปัญหาพิเศษและโครงสร้างปัญหาพิเศษ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงลงได้

ขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความรู้ทางด้านเทคนิคการใช้เครื่องมือต่างๆ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการทุกท่านและขอขอบคุณ น.ส.กนกพร แก้วสมนึกและน.ส.มาลินี รังษี ซึ่งประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ได้นำมาทดลองในปัญหาพิเศษนี้ด้วย

อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆด้วยดีตลอดมา รวมทั้งคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ ประศาสตร์วิชาความรู้ต่างๆอันเป็นพื้นฐานวิชาความรู้ และประสบการณ์ที่ดีกับชีวิต

สุดท้ายต้องขอขอบคุณบิดาและมารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษ ที่เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆอย่างดีโดยตลอดมา

กัลยาทัศน์ วัฒนบุตร
อนัญญา หอวัฒนพานิชย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	II
สารบัญ.....	III
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบข่ายการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....	4
2.1 ประวัติมะพร้าว.....	4
2.2 มะพร้าวน้ำหอม.....	6
2.3 การสังเกตการเจริญเติบโตของมะพร้าวน้ำหอม.....	7
2.4 การดูแลระหว่างการติดผล.....	7
2.5 การเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอม.....	8
2.6 การปฏิบัติขณะเก็บเกี่ยว.....	11
2.7 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณและสมการถดถอยพหุคูณ.....	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	26
3.1 อุปกรณ์.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **III** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2	วัตถุประสงค์.....	26
3.3	สารเคมี.....	27
3.4	ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	27
3.4.1	การวิเคราะห์คุณสมบัติภายนอกของมะพร้าวอ่อน.....	27
3.4.2	การวิเคราะห์คุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน.....	35
บทที่ 4	ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	37
4.1	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ.....	37
4.1.1	พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับปริมาณน้ำมะพร้าว.....	38
4.1.2	พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับค่าความหวาน.....	42
4.1.3	พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity).....	46
4.1.4	พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับค่าความหนาเนื้อ (Thickness).....	51
4.1.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามทั้ง 4 ตัว.....	56
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง.....	57
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	57
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	59
	บรรณานุกรม.....	60
	ภาคผนวก ก หลักการและวิธีการวัดสีของอาหาร.....	62
	ภาคผนวก ข การใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์สมการพหุคูณ.....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา IV ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมะพร้าวของกลุ่มสร้างสมการและ กลุ่มทดสอบสมการ.....	37
4.2 การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าว โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัว เข้าในสมการ.....	38
4.3 ค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของปริมาณน้ำมะพร้าว.....	39
4.4 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบค่าความหวาน (°Brix) ของกลุ่มสร้างสมการ และกลุ่มทดสอบสมการ.....	42
4.5 ตารางวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าความหวาน โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัว เข้าในสมการ.....	42
4.6 ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าความหวาน(°Brix) ของน้ำมะพร้าว.....	44
4.7 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity) ของกลุ่มสร้างสมการและกลุ่มทดสอบสมการ.....	46
4.8 การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity) โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้าในสมการ.....	46
4.9 ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าเปอร์เซ็นต์ความ เป็นกรด (%Acidity).....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.10 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบค่าความหนาเนื้อ (Thickness) ของกลุ่มสร้าง สมการและกลุ่มทดสอบสมการ.....	51
4.11 การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าความหนาเนื้อ (Thickness) โดยนำตัวแปรอิสระ ทุกตัวเข้าในสมการ.....	51
4.12 ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าความหนาเนื้อ.....	53
4.13 ตารางแสดงค่า ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของ ตัวแปรตาม.....	56

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 เครื่องวัดสี Minolta CR 300.....	27
3.2 เครื่อง Minolta CR 300 Calibrate เครื่อง.....	28
3.3 เครื่อง Minolta CR 300 ทาบวัดค่าสีมะพร้าว.....	28
3.4 ภาพฉายของผลมะพร้าวค้ำ a, b, c.....	29
3.5 ชุดการวัดค่าการเก็บประจุไฟฟ้าและความต้านทานของผลไม้.....	30
3.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Texture Technology รุ่น Tax2i Texture Analyzer.....	32
3.7 เครื่อง moisture analyzer ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น MJ 33.....	34
3.8 ลักษณะทางกายภาพของกะลาและการวัดความหนาเนื้อมะพร้าว.....	36
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการ คำนวณของปริมาณน้ำมะพร้าว.....	41
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการ คำนวณของค่าความหวาน.....	45
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการ คำนวณของเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด.....	50
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการ คำนวณของค่าความหนาเนื้อ.....	55
ข1 แสดงภาพ Data View และ Variable View	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข2 การกำหนดตัวแปรในหน้า Variable View.....	75
ข3 ตัวแปรในหน้า Data View.....	75
ข4 การประมวลผลทางสถิติ.....	76
ข5 การเลือกตัวแปรพื้นฐาน.....	77
ข6 การเลือกค่าพื้นฐานทางสถิติที่ต้องการ.....	77
ข7 การสร้างสมการการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น.....	78
ข8 การกำหนดตัวแปรต้นตัวแปรตาม.....	79
ข9 ตารางแสดงผลการคำนวณในหน้าโปรแกรม.....	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มะพร้าวน้ำหอม (Aromatic coconut) ถือเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ที่สามารถส่งออกไปทั่วโลก เป็นสินค้าที่ไม่มีคู่แข่งเหมือนผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอื่นๆ ทั้งยังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศเป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2548 ประเทศสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ประเทศไทยส่งมะพร้าวน้ำหอมเข้าประเทศได้และยังสามารถส่งไปยังแคนาดาได้ในที่สุด โดยในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยส่งออกมะพร้าวไปยังต่างประเทศกว่า 48 ประเทศทั่วโลกมูลค่าการส่งออก 440.14 ล้านบาท ประเทศที่นำเข้าสูงสุดได้แก่ สหรัฐอเมริกาออสเตรเลีย และฮ่องกง และในปี พ.ศ. 2551 มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 401.5 ล้านบาท ประเทศที่นำเข้ามากที่สุดได้แก่ สหรัฐอเมริกา... (กรมศุลกากร, 2553)

นอกจากนี้มะพร้าวน้ำหอมยังมีคุณประโยชน์อีกมากมายมีคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อมะพร้าวสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิดหรือนำมาคั้นเอาน้ำกะทิประกอบอาหารคาวหวานได้หลากหลายชนิดเนื้อมะพร้าวประกอบไปด้วยน้ำมันถึง 60-65% ในน้ำมันมีกรดไขมันหลายชนิดเนื้อมะพร้าวแห้งผกใส่ในน้ำเคี้ยวหรือตากแห้งแล้วเคี้ยวจะได้น้ำมันมะพร้าวส่วนน้ำมะพร้าวเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางอาหารสูง รสหวานหอม ชุ่มคอ ชื่นใจ ในน้ำมะพร้าวยังมีน้ำตาล โปรตีน โซเดียม แคลเซียม โพแทสเซียม แต่สำหรับผู้ที่มีปัญหาเป็นโรคหัวใจหรือโรคไตก็ไม่ควรดื่มน้ำมะพร้าวสรรพคุณทางยาทะเลา เมื่อนำมาเผาให้เป็นถ่านค้ำ แล้วนำมาบดเป็นผงละเอียดผสมน้ำดื่มวันละ 3-4 ครั้ง ครั้งละ 0.5-1 ช้อนชาแก้ปวดกระดูกและเส้นเอ็น ดอกมะพร้าว รสฝาดหวานหอม เป็นยาแก้เจ็บคอ แก้ท้องเสีย แก้ไข้ แก้ร้อนใน กระหายน้ำ กล่อมเสมหะ บำรุงโลหิต และแก้ปากเปื่อย รสฝาดหวานหอม เป็นยาแก้ท้องเสีย ขับปัสสาวะ หรืออมบ้วนปากแก้เจ็บคือน้ำมันมะพร้าว รสหวานเค็ม รับประทานเป็นยาบำรุงกำลัง บำรุงหัวใจ ใช้ทาบำรุงผม หรือทาเป็นยาแก้กลากเกลื้อน ทาผิวหนังแตกแห้งแก้โรคผิวหนังต่างๆ ทาแผลน้ำร้อนลวก โดยการนำน้ำมันมะพร้าวมา 1 ส่วนใส่ในภาชนะคนพร้อมๆ กับเติมน้ำปูนใส 1 ส่วนโดยเติมทีละส่วนพร้อมกับคนไปด้วยจนเข้ากันดีใช้ทาบริเวณแผลบ่อยๆ น้ำมันมะพร้าว รับประทานเป็นยาระบาย แก้ท้องเสีย ขับปัสสาวะ แก้พิษแก้กระหายน้ำ แก้น้ำ แก้อาเจียนเป็นโลหิตและบวม น้ำนอกจากนี้ยังทำเป็นน้ำส้มสายชูใช้ประโยชน์อื่นๆ อีกมากมาย

คติความเชื่อ ตามตำราการปลูกต้นไม้ตามทิศในตำราพรหมชาติฉบับหลวงมะพร้าวเป็นไม้มงคลและกำหนดปลูกไว้ทางทิศตะวันออก (บูรพา)ด้วยความเชื่อว่าเมื่อปลูกไว้บริเวณบ้าน จะทำให้ไม่มีการเจ็บไข้และอยู่เย็นเป็นสุข นิยมปลูกมะพร้าวน้ำหอมหรือมะพร้าวหูกี้เป็นหลักเพราะออกผลเร็วและใช้รับประทานเป็นมะพร้าวอ่อนได้ดี(สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ,2554)

ด้วยคุณประโยชน์ของมะพร้าวน้ำหอม และ มูลค่าการส่งออกดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นของมะพร้าวน้ำหอมนี้ แต่พบว่ายังประสบปัญหาเกี่ยวกับการคัดเลือกที่มีคุณภาพและมาตรฐานที่แน่นอน ซึ่งโดยทั่วไปมักอาศัยการพิจารณาจากภายนอกซึ่งต้องใช้ประสบการณ์สูง แต่กระนั้นก็ยังเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ง่ายจึงต้องการศึกษาและพัฒนาด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของมะพร้าวน้ำหอมที่เหมาะสมกับการจำหน่ายสู่ผู้บริโภคทั้งในแง่มุมมองของภาคอุตสาหกรรมและการส่งออกซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรสำหรับการคัดเลือกทางอุตสาหกรรม หรือเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการเหล่านี้สามารถทำได้โดยอาจไม่ต้องทำลายตัววัตถุดิบเลยด้วยเทคโนโลยีที่รองรับอยู่ในทุกวันนี้ ปรินญาณิพนธ์นี้จึงศึกษาโดยอาศัยข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของมะพร้าวน้ำหอม นำมาสร้างสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง(Multiple Linear Regression)เพื่อคาดคะเนคุณสมบัติภายในที่ผู้บริโภคต้องการ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเพื่อสร้างสมการทำนายความหวานเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด และความหนาเนื้อของมะพร้าวอ่อน
- เพื่อศึกษาการสร้างสมการหลายตัวแปร โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

ศึกษาคุณสมบัติภายนอกและทางเคมีของผลมะพร้าวอ่อนที่มีอายุการเก็บเกี่ยวเหมาะสมแล้วนำมาทดลองเก็บข้อมูลทางสถิติ ทั้ง 10คุณสมบัติ ได้แก่ สี ขนาด รูปทรง ค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า ค่าความต้านทานไฟฟ้า ปริมาตร น้ำหนัก ความหนาแน่น แรงฉีกเปลือก ค่าความชื้นเปลือกเขียว เพื่อนำมาสร้างสมการทำนายคุณภาพภายในของผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถนำสมการที่สร้างขึ้นไปปรับใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีมะพร้าวอ่อนเป็นวัตถุดิบหลัก โดยอาจใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจรับวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการ
- นำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องมือหรือเครื่องจักรในการคัดเลือกรมะพร้าวอ่อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ประวัติมะพร้าว

มะพร้าวเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่สามารถแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของโลกได้ โดยมีความเชื่อกันว่าผลมะพร้าวสามารถลอยไปตามกระแสน้ำ และไปเจริญเติบโตตามหมู่เกาะต่างๆ และบริเวณริมฝั่งทะเล แต่มีผู้สันนิษฐานและพบหลักฐานต่างๆ ว่ามะพร้าวมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกา เช่น หมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิกและทวีปเอเชีย เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยนั้นมะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทุกๆ ส่วนของต้นมะพร้าว ไม่เพียงแต่ผลสดหรือผลแก่ รวมถึง ราก ใบ ยอด รวมถึงการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวทั้งอุปโภคและบริโภค ต่างก็เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศนำมาซึ่งรายได้สำคัญทางเศรษฐกิจให้กับประเทศอีกประเภทหนึ่ง

- ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้นมะพร้าวที่ทรงต้นที่สูง จะไม่มีการแตกกิ่งก้านหรือตาข้าง โดยปกติมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงจะมีความสูงประมาณ 15-20 เมตร ส่วนพันธุ์ต้นเตี้ยมีความสูงประมาณ 8-10 เมตร ภายในลำต้นจะมีตายอดเพียงตาเดียว ถ้าหากตายอดเกิดตาย ส่วนของลำต้นมะพร้าวก็น่าจะตายตาม ส่วนโคนต้นของมะพร้าวต้นสูงจะมีสะเก็ดต้นขยายออกขนาดใหญ่ ส่วนต้นมะพร้าวพันธุ์เตี้ยจะมีรอยแผลบริเวณของก้านใบ ทำให้สามารถคำนวณการรอยแผลบริเวณก้านใบที่ร่วงได้ว่ามะพร้าวมีอายุเท่าไร

ใบ: ลักษณะของใบมะพร้าวจะเป็นแบบใบรวม ลักษณะคล้ายขนนกประกอบด้วยก้านใบ และใบย่อย สามารถแยกออกได้ประมาณ 200 – 250 ใบย่อย ต่อ 1 ใบรวม ความยาวของก้านใบจะขึ้นอยู่กับขนาดของอายุและลักษณะพันธุ์ มีความยาวประมาณ 4.5 – 6 เมตร ส่วนก้านของใบใหม่หรือใบอ่อน มีลักษณะยาวเรียวคล้ายดาบ โดยแตกออกตรงใจกลางของส่วนยอดใบจะมีลักษณะคล้ายขยายออกเมื่อมีอายุมากขึ้น การเกิดใบใหม่บริเวณลำต้นจะเรียงวนไปทางด้านใดด้านหนึ่ง

ราก: รากของต้น ขยายไปตามแนวตั้งในระดับความลึกประมาณ 50 – 90 เซนติเมตร และแผ่ออกไปเรื่อยๆ รอบๆ ต้นประมาณ 6 เมตร มะพร้าวไม่มีขนรากอ่อนแต่มีรากขนาดเล็กช่วยดูดน้ำและอาหารส่วนรากอากาศทำหน้าที่เป็นตัวลำเลียงอากาศจากผิวดินสู่รากอีกทางหนึ่ง

ช่อดอก: มะพร้าวถือว่าเป็นพืชที่มีสองเพศอยู่ในต้นเดียวกันคือมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย เพียงแต่แยกกันอยู่คนละดอก แต่บางครั้งก็พบว่าในหนึ่งช่อดอกมีดอกตัวผู้หรือดอกตัวเมีย เพียงอย่างเดียวเหมือนกับการเกิดช่อดอกจะแทงออกจากมุมใบ โดยมีกาบโคงหุ้มในขณะที่ยังอ่อนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนช่อดอกจะมีกาบมะพร้าวที่เรียกว่า “จั่น” จั่นจะทำการขยายตัวให้มีขนาดใหญ่และจะบานแตกออกพร้อมที่จะทำการแพร่พันธุ์ต่อไป ดอกตัวเมียมีตำแหน่งอยู่บริเวณโคนของระแงะ มีลักษณะกลมและขนาดใหญ่ประมาณ 1.3 เซนติเมตร เป็นสีขาวมีสัน 3 สันที่บริเวณปลายร่อง เมื่อดอกบาน ปลายช่อดอกจะทำการแตกเป็น 3 แฉก และเป็นทางให้ละอองเกสรงอก เมื่อการผสมสิ้นสุดลงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลส่วนกลีบดอกจะขยายตัวใหญ่ขึ้นและติดอยู่ที่ฐานของผล

ผล: ในผลของมะพร้าวแบ่งเนื้อออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้

- ส่วนเปลือกนอกสุด

เปลือกของมะพร้าวมีตั้งแต่สีเขียว สีเหลือง สีสน้ำตาล สีสน้ำตาลแดง สีงาช้าง เป็นต้น

- ส่วนเนื้อเยื่อที่ถัดจากเปลือกชั้นนอก

มีลักษณะเป็นเส้นใยและมีความหยุ่น หนาประมาณ 2-15 เซนติเมตร

- ส่วนของกะลา

กะลาเป็นส่วนที่แข็งที่สุด มีลักษณะเป็นทรงกลม มีขั้วที่ตา 3 ตา ภายในประกอบด้วยเนื้อเยื่อบางๆสีน้ำตาล ถัดออกมาจะเป็นส่วนของเนื้อ และน้ำมะพร้าว เมื่อผลแก่จะมีเนื้อแข็งหนาประมาณ 4-20 มิลลิเมตร เมล็ดคือส่วนที่ถูกห่อหุ้มไว้ด้วยกะลา ส่วนของคัพพะ (รังไข่) นั้นแทรกอยู่ตรงตาน้ำ เมื่อผลเริ่มแก่จัดและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมก็จะมีการเจริญเติบโต ทำให้หน่อแทงตัวออกมานอกกะลา

- พันธุ์มะพร้าว

การเจริญเติบโตของต้นมะพร้าว และอายุที่เริ่มให้ผล สามารถทำการแบ่งได้ 3กลุ่ม คือ

- พันธุ์ต้นสูง ได้แก่ มะพร้าวใหญ่, มะพร้าวกลาง, มะพร้าวปากจก, มะพร้าวกะโหลก, มะพร้าวทลายร้อย, มะพร้าวเปลือกหวานและมะพร้าว เป็นต้น

-พันธุ์ต้นเตี้ย ได้แก่ มะพร้าวหมูสีเขียว, มะพร้าวนกคุ้ม, มะพร้าวน้ำหอม, มะพร้าวไฟ และมะพร้าวนาฬิกา เป็นต้น

- พันธุ์ลูกผสม ได้แก่ มะพร้าวสวีลูกผสม 1, มะพร้าวชุมพรลูกผสม 60-1, มะพร้าวชุมพรลูกผสม 2 (การปลูกมะพร้าวปลอดสารพิษและวิธีเพิ่มผลผลิต. [ม.ป.ท.]

2.2 มะพร้าวน้ำหอม

จัดได้ว่าอยู่ในกลุ่มมะพร้าวต้นเตี้ยสามารถนำไปปลูกได้ง่าย และมีคุณสมบัติ คือ น้ำมีความหอมและหวาน ตามลักษณะพันธุ์ เช่น มะพร้าวชนิดที่มีน้ำหวานหรือมะพร้าวที่มีน้ำหอม มะพร้าวพันธุ์ตาลจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป มะพร้าวน้ำหอมจึงจัดได้ว่าเป็นผลไม้ที่เกษตรกรสนใจนิยมนำไปปลูกเพื่อการค้าในปัจจุบันแต่ก่อนมะพร้าวน้ำหอมจัดว่าเป็นไม้ประดับตามบ้านหรือสวน แต่ต่อมาได้มีการนำไปปลูกเป็นเชิงการค้าครั้งแรก ในจังหวัดสมุทรสาคร และได้แพร่กระจายไปหลายจังหวัด ลักษณะพิเศษของมะพร้าวน้ำหอมคือมีน้ำที่หอมแตกต่างจากสายพันธุ์อื่นๆ มีดอกเกสรตัวเมียและดอกเกสรตัวผู้อยู่ภายในต้นเดียวกัน บานพร้อมกันและสามารถทำการผสมพันธุ์โดยตรงได้ไม่จำเป็นต้องทำการผสมข้ามสายพันธุ์

ลักษณะของมะพร้าวน้ำหอมมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ

- ลักษณะผลยาวรี มีลักษณะเล็ก หัวแหลมท้ายแหลม
- ลักษณะผลกลม มีลักษณะเปลือกบาง ลูกค่อนข้างใหญ่กว่ามะพร้าวน้ำหอมประเภทเดียวกัน
- ลักษณะผล ไม้รีและ ไม้กลม ส่วนของก้นจะจิบเข้าหากันเพียงเล็กน้อยและเป็นชนิดที่อยู่ระหว่างผลรีและผลกลม

สามารถสังเกตในการคัดเลือกพันธุ์ได้ดังนี้

- จะมีกลิ่นและรสชาติหวานหอม
- ให้ทำการตัดรากอ่อนของมะพร้าวมาดมกลิ่น ถ้าเกิดไม่แน่ใจว่าจะใช้มะพร้าวน้ำหอมหรือไม่
- ส่วนของรากจะมีกลิ่นหอม

(การปลูกมะพร้าวปลอดสารพิษและวิธีเพิ่มผลผลิต. [ม.ป.ท.]

2.3 การสังเกตการเจริญเติบโตของมะพร้าวน้ำหอม

หน่อมะพร้าวน้ำหอมที่คัดเลือกและนำไปปลูกนั้นจะมีอายุประมาณ 3 – 4 เดือน ในระยะแรกใบมะพร้าวจะยังไม่แตกแยกออกมาเหมือนกับต้นมะพร้าวทั่วไป แต่จะเรียงเป็นพืดติดกันอยู่ 2 ข้าง ใบที่อยู่ใกล้โคนทางจะแยกตัวออกมาก่อนใบที่อยู่ส่วนปลาย หลังจากทำการเพาะปลูกต้นมะพร้าว น้ำหอมประมาณ 1 ปีขึ้นไป บริเวณโคนจะขยายตัวใหญ่ขึ้น จากนั้นต้นมะพร้าวจะขยายความสูงของต้นตามความใหญ่ของ โคนต้น มีลักษณะเหมือนมะพร้าวพันธุ์สูง เรียกว่า “ปุม” ส่วนต้นมะพร้าว น้ำหอมที่มีความสมบูรณ์ ปุมจะมีขนาดใหญ่กว่าลำต้น แต่ถ้าหากปลูกมะพร้าวในพื้นที่แห้งแล้ง ปุมจะมีขนาดใหญ่กว่าลำต้น แต่ถ้าหากปลูกมะพร้าวในพื้นที่แห้งแล้ง ปุมจะมีขนาดเล็กใกล้เคียงกับลำต้น

หลังจากที่ปุมมะพร้าวเจริญเติบโตจนกระทั่งให้ผล จะอยู่ในช่วงอายุประมาณ 3-4 ปีขึ้นไป แต่ผลที่ได้จะไม่มากนัก และในระยะ 2 ปีถัดมา จะเกิดจั่นดอกหรือวงทำให้การติดผลดีขึ้น การที่ต้นมะพร้าว น้ำหอมสูงขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้เกิดการร่วงของใบเก่า และใบใหม่ก็มาแทนที่ ต้นมะพร้าวที่มีความสมบูรณ์เต็มที่จะมีทางมะพร้าวติดอยู่ประมาณ 30 ทางขึ้นไป โดยปกติแล้วต้นมะพร้าว น้ำหอมจะมีจำนวนทางเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 18 ทาง และจั่นก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (การปลูกมะพร้าวปลอดสารพิษและวิธีเพิ่มผลผลิต. [ม.ป.ท.])

2.4 การดูแลระหว่างการติดผล

ต้นมะพร้าว น้ำหอมจะมีการติดจั่นปีละ 18 จั่น และจะเท่ากับจำนวนทาง 18 ทาง เช่นกันเป็นเพราะต้นมะพร้าวได้รับการดูแลรักษาอย่างดี มะพร้าว น้ำหอมจะมีความดกมากกว่ามะพร้าวพันธุ์สูงปกติจะติดผลประมาณทะลายละ 15-20 ผลส่วนที่ทำให้มะพร้าว น้ำหอมจะมีความดกมากกว่ามะพร้าวพันธุ์สูง คือ การผสมพันธุ์ในต้นเดียวกัน มะพร้าว น้ำหอมมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งคือ “นั่งทาง” คือ มีทะลายอยู่บนทางแต่ถ้ามะพร้าวไม่เกิดการนั่งทาง น้ำหนักของผลที่มากขึ้นจะทำให้คอตะลายหัก ทำให้ต้นมะพร้าวไม่สามารถส่งน้ำและอาหารไปเลี้ยงผลได้ ซึ่งก่อให้เกิดการร่วงของผลตามมา ผู้ปลูกต้องหมั่นสังเกตการณ์หากมะพร้าวไม่นั่งทางทะลายใหญ่เกินไป ต้องโยงเชือกยกหรือใช้ไม้ค้ำช่วยพยุงน้ำหนักไม่ให้ร่วงก่อนเวลา

(การปลูกมะพร้าวปลอดสารพิษและวิธีเพิ่มผลผลิต. [ม.ป.ท.])

2.5 การเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอม

วัตถุประสงค์หลักของการปลูกมะพร้าวอ่อนคือ การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานผลอ่อนการเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมให้ได้ผลอ่อนขนาดพอเหมาะไม่อ่อนไม่แก่เกินไปนั้น เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ ผิดกับมะพร้าวต้นสูงที่ปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลแก่ มีวิธีการสังเกตค่อนข้างง่าย การที่ผู้ปลูกมือใหม่จะเก็บเกี่ยวมะพร้าวที่มีความอ่อนอย่างเหมาะสมเป็นเรื่องยากพอสมควร แม้แต่เจ้าของสวนมะพร้าวเองบางครั้งบางคราวยังเกิดการผิดพลาดขึ้นได้

มะพร้าวน้ำหอมที่ออกสู่ตลาดนั้นอาจนำไปแปรรูปเป็นประเภทต่างๆ เช่น น้ำมะพร้าวบรรจุถุงหรือใส่ในแก้วแช่ตามตู้เย็น มะพร้าวอ่อนขายทั้งผลหรือมะพร้าวเผา แต่ละแบบจะต้องเก็บเกี่ยวในระยะแก่อ่อนแตกต่างกันมะพร้าวน้ำหอมที่เก็บเกี่ยวกันอยู่มีอยู่ 3 แบบ คือ มะพร้าวชั้นเดียว มะพร้าวชั้นครึ่ง และมะพร้าวสองชั้น รายละเอียดของแต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

- มะพร้าวชั้นเดียว : มะพร้าวน้ำหอมที่เพิ่งมีเนื้อบางเล็กน้อย การเกิดเนื้อจะเกิดจากบริเวณก้นผลอ่อนแล้วจะหนาไปเรื่อยๆจนถึงหัวผล มะพร้าวชั้นเดียวเนื้อจะบางมาก อาจมีลักษณะเป็นวุ้นเพียงเล็กน้อย บางท้องถิ่นเช่นภาคใต้บางจังหวัด เรียกว่า “มะพร้าวจุ่มกลิง” มะพร้าวน้ำหอมชนิดนี้ เวลาเปิดส่วนก้นแล้วมองลงไปตรงๆที่ส่วนหัวมะพร้าวจะยังเห็นกะลาสีเหลืองอ่อนได้อย่างชัดเจน มะพร้าวชนิดนี้จะมีเนื้อบางๆ ติดอยู่เพียงครึ่งผลเท่านั้น ถือว่าเป็นมะพร้าวอ่อนเกินไปยังไม่ควรเก็บเกี่ยว
- มะพร้าวชั้นครึ่ง : เป็นมะพร้าวอ่อนที่มีเนื้อผลมากขึ้นจนเกือบจะเต็มผล เมื่อตัดเปิดที่ก้นผลและมองจากรอยตัวลงไปตรงๆ จะเห็นกะลาบริเวณหัวผลเพียงเล็กน้อยเป็นวงขนาดเหรียญบาท เนื่องจากบริเวณหัวผลยังมีเนื้อบางมากมะพร้าวน้ำหอมชนิดนี้ยังถือว่าอ่อน ไม่เหมาะกับการขายทั้งผล แต่เหมาะสำหรับบรรจุแก้วใส่ตู้เย็น ชนิดที่แต่ละแก้วมีทั้งน้ำและเนื้ออยู่ด้วยกันอย่างไรก็ตามมีผู้บริโภคบางรายชอบบริโภคมะพร้าวแบบมะพร้าวชั้นครึ่งนี้เหมือนกัน เนื่องจากเนื้อนุ่มไม่แข็ง
- มะพร้าวสองชั้น : มะพร้าวน้ำหอมที่มีเนื้อเต็มผลแล้ว แต่ยังไม่แก่จนเกินไปหรือไม่แก่จนเนื้อภายในผลแข็ง ถ้าตัดมะพร้าวขนาดสองชั้นจากรอยตัวก้นผลเมื่อมองลงไปตามรอยตัดจะเห็นเนื้อมะพร้าวอยู่เต็ม มองไม่เห็นกะลาเหมือน 2 ชนิดแรก มะพร้าวน้ำหอมที่ดีควรส่งตลาดในระยะที่เป็นมะพร้าวสองชั้นนี้เอง

แต่ขณะที่เก็บเกี่ยวไม่อาจจะมองเห็นการเจริญของเนื้อภายในผลได้ จะต้องสังเกตจากการเจริญของ ทะลายและการเจริญของเนื้อภายในผลได้จะต้องสังเกตจากการเจริญของทะลายและการเจริญของ ผลเป็นเครื่องสังเกตผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำสวนมะพร้าว น้ำหอม อาจใช้หลายวิธีการในการ เก็บเกี่ยวผล เพื่อให้ได้มะพร้าว น้ำหอมที่อยู่ในระยะ “พอดี” ไม่อ่อนหรือแก่จนเกินไป แต่ละวิธีการ อาจมีข้อคลาดเคลื่อนได้เช่นเดียวกันบางฤดูกาล เช่น ในฤดูร้อนมะพร้าวจะแก่ได้เร็วกว่าปกติ ข้อสังเกตในการเก็บเกี่ยวแต่ละวิธีจึงควรประยุกต์ให้เหมาะสมกับฤดูกาลวิธีสังเกตความพอเหมาะ ของการเก็บเกี่ยวมีดังต่อไปนี้

นับทะลาย : มะพร้าว น้ำหอมจะแทงจันทประมาณ 20 วันต่อหนึ่งจันหรือทุกครั้งที่มีทางใหม่ขึ้นมา ถ้านับเอาทะลายที่จะเก็บเกี่ยวเป็นทะลายที่หนึ่งแล้วนับทะลายที่ออกตามมาเป็นอันดับที่สอง ที่สามไปเรื่อยๆ เมื่อจันที่ 12 แทงออกและกาบหุ้มยังไม่แตก ก็จะเป็นระยะเวลาที่มะพร้าวทะลายแรกอยู่ใน ระยะเป็นมะพร้าวสองชั้นพอดี

สังเกตจากหางหนู : มะพร้าวที่มีอายุผลมากจะจะมีสีดำ หางหนูจะแห้งตั้งแต่ชั่วผลไปจรด ปลาย มะพร้าวอ่อนหางหนูแห้งครึ่งหนึ่งส่วนอีกครั้งหนึ่งยังคงอยู่ วิธีนี้อาจคลาดเคลื่อนได้ในฤดู ร้อนที่แดดจัดมากเพราะหางหนูอาจจะแห้งก่อนกำหนด

สังเกตจากสีผล : บริเวณรอยต่อของช้ำกับตัวผลของผลมะพร้าวอ่อนจะมีสีขาวเป็นวงรอบชั่วผล ถ้า สีขาวยังเป็นวงกว้างแสดงว่ามะพร้าวยังอ่อนอยู่มาก ต่อเมื่อส่วนสีขาวบริเวณรอยต่อเหลือเพียง เล็กน้อยพอเป็นวงรอบชั่ว แสดงว่าได้ระยะเก็บเกี่ยวพอดี อย่างไรก็ตามมะพร้าวที่มีทะลายอยู่ใน ด้านที่ได้รับแสงมากเป็นพิเศษก็อาจสังเกตจากสีคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกัน

สังเกตจากจันที่อยู่เหนือขึ้นไป : ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่ามะพร้าวจะมีทางเรียงเป็นชุดจำนวน 5 ชุด ด้วยกันทางมะพร้าวที่เกิดขึ้นต่อ ๆ มาจะซ้อนทับในแนวเดียวกันกับทางเดิม ในระหว่างทางแต่ ละชุดจึงเป็นช่องว่างให้มองลอดขึ้นไปได้ปกติทะลายมะพร้าวจะนั่งทางทุกทะลาย ถ้าทะลาย ล่างสุดคือ ทะลายที่เก็บเกี่ยวจะสังเกตเห็นทะลายที่อยู่เหนือขึ้นไปยังเป็น มะพร้าวที่อ่อนมากและที่ เหนือขึ้นไปอีกทางหนึ่งบนชอกทางนี้จะมีจันใหม่แทงขึ้นมา ให้ใช้จันใหม่นี้ นับเป็นลำดับที่สาม จากทะลายที่ต้องการเก็บนั้นเป็นจุดสังเกต ถ้ากาบหุ้มจันเพิ่งแตกออกหากเก็บเกี่ยว ขณะนั้นจะได้ มะพร้าวชั้นเดียว ถ้าจันแตกออกและบานเต็มที่แล้ว ทะลายล่างสุดก็จะเป็นมะพร้าวชั้นครึ่ง

และถ้าปล่อยให้บ้านเต็มทีและคิดผลเล็กๆที่โคนจั่นเริ่มมีสีเขียวขึ้นเล็กน้อยหากเก็บเกี่ยวขณะนั้นจะได้มะพร้าวน้ำหอมเนื้อสองชั้น ซึ่งเป็นขนาดที่ตลาดต้องการมากที่สุด

การเก็บเกี่ยวมะพร้าว น้ำหอมแตกต่างจากการเก็บเกี่ยวมะพร้าวแก่เพราะมะพร้าวแก่จะใช้แรงงานคนหรือลิงปลิดลงมาที่ละผล แต่มะพร้าว น้ำหอมจะตัดลงมาทีเดียวทั้งทลายไม่แยกทีละผล มะพร้าว น้ำหอมขณะที่เก็บยังอ่อน ส่วนกะลายังไม่แข็งมากพอ การปล่อยให้หล่นลงพื้นอาจทำให้ผลมะพร้าวแตกเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นก่อนการตัดจึงต้องใช้เชือกโยงทะลายไว้ให้แข็งแรงและค่อยๆหย่อนลงพื้น การโยงทะลายลงมานอกจากจะทำให้มะพร้าวไม่เกิดการแตกเสียหายแล้วยังทำให้สามารถส่งตลาดได้รวมทั้งทะลายอีกด้วย

มะพร้าว น้ำหอมจะเก็บเกี่ยวประมาณ 20 วันต่อ 1 ครั้งหรือ 2 เดือน ตัด 3 ครั้ง ดังนั้นใน 1 ปีจึงเก็บเกี่ยวทั้งสิ้น 18 ทะลาย (ถ้าแทงจั่นทุกครั้งที่ออกทางใหม่) จะเห็นว่าถ้ามะพร้าว น้ำหอมติดผลทะลายละ 15 ผล ใน 1 ปี ก็อาจเก็บเกี่ยวมะพร้าว น้ำหอมได้ถึง 270 ผลต่อต้น และถ้าปลูกต่อไร่ประมาณ 45 ต้น ก็จะได้ผลผลิตถึง 12,150 ผลต่อไร่ต่อปีทีเดียว

คุณภาพของมะพร้าวอ่อนที่มีอายุและความแก่ที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลที่มีคุณภาพดี เพราะอายุของมะพร้าวที่ทำการเก็บเกี่ยวนั้นมีผลโดยตรงต่อคุณภาพในการรับประทานของผู้บริโภค การเก็บผลมะพร้าวเพื่อการบริโภค หากเก็บเกี่ยวเอาผลที่มีวัยอ่อน หรือแก่เกินไป จะทำให้คุณภาพของผลลดลง เช่น น้ำมะพร้าวมีรสเปรี้ยว ส่วนการเก็บเกี่ยวผลแก่เกินไปเนื้อจะแข็งกลืนเปลี่ยนไปโดยปกติมะพร้าวอ่อนที่มีคุณภาพดี คือ มะพร้าวที่เก็บเมื่อมีการพัฒนาของเนื้อประมาณ ๒ ครั้งถึง ๒ ชั้น เพราะช่วงอายุการเก็บดังกล่าว ทำให้มะพร้าวมีกลิ่นหอม รสหวาน และเนื้อนุ่ม เว้นแต่พวกชั้นครึ่งจะมีน้ำออกเปรี้ยวเล็กน้อยวิธีการดูว่ามะพร้าวนั้นพร้อมจะเก็บได้หรือยัง สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนับอายุผล ดูสีผิว สีหางหนู เป็นต้น แต่วิธีที่นิยมปฏิบัติ คือการนับอายุผล ซึ่งจะนับอายุผลหลังจากที่ต้นมะพร้าวออกจั่นประมาณ 5 - 6 เดือนต้องขึ้นอยู่กับฤดูกาลและแหล่งเพาะปลูก(การปลูกมะพร้าวปลอดสารพิษและวิธีเพิ่มผลผลิต. [ม.ป.ท.]

2.6 การปฏิบัติขณะเก็บเกี่ยว

การเก็บมะพร้าวเพื่อรับประทานผลอ่อนโดยปกติจะเก็บเป็นทลาย ต้องใช้คนที่มีความชำนาญทำการเก็บโดยเฉพาะ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยชำเพราะมะพร้าวที่จำหน่ายส่วนใหญ่จะปอกเปลือกสีเขียวออกแล้วแต่ผลให้ได้รับรูปทรงซึ่งนอกจากจะช่วยให้อายุรับประทานได้ง่ายแล้ว ยังเป็นที่ดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อซึ่งมากกว่ามะพร้าวอ่อนที่มีเปลือกสีเขียวทั้งผล

แต่ปัญหาที่พบเสมอคือ รอยชำบนเปลือกซึ่งเกิดจากการเก็บ และขนย้ายที่ขาดความระมัดระวังอาการช้ำนี้จะเห็นเป็นจุดสีน้ำตาลที่เปลือกขาว โดยสังเกตได้ขณะแต่งผล และบางครั้งอาการจะรุนแรงมากจนไม่สามารถแต่งผลได้ ทำให้กลายเป็นตำหนิ และที่สำคัญอาจกลายเป็นแหล่งทำให้เกิดโรคได้ด้วย

ปัญหาที่พบจากการปฏิบัติหลังการเก็บแบบไม่ถูกวิธี หรือไม่เหมาะสม คือ กะลาเี่ยว ซึ่งเป็นความเสียหายที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากผลภายนอก หรือเมื่อตัดแต่งผลแล้วก็ตาม นอกจากอาการจะรุนแรงมากทำให้คุณภาพภายในของผลมะพร้าวเสียไป เช่น น้ำเกิดกลิ่นหมัก เหม็นเปรี้ยว และเนื้อมะพร้าวเสียได้(การเพาะปลูกและขยายพันธุ์มะพร้าวไม้ผลเศรษฐกิจมากด้วยคุณค่า. [ม.ป.ท.]

2.7 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณและสมการถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งของการวิจัยที่มีความสำคัญมาก เพราะการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมเป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะสำหรับนักวิจัยใหม่ แต่ปัจจุบันปัญหาลดน้อยลงเนื่องจากมีเอกสารตำราให้ค้นมากมาย รวมทั้งมีโปรแกรมสำเร็จรูปให้เลือกใช้ได้หลากหลาย ซึ่งจะช่วยลดเวลาที่ต้องวิเคราะห์เองด้วยมือ รวมทั้งลดโอกาสที่จะคำนวณผิดอีกด้วย ปัญหาจึงเหลือเพียงการเลือกใช้สถิติเหมาะสมกับงานวิจัยเท่านั้น

• สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation)

ความหมาย สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวและความสัมพันธ์นี้จะบอกให้ทราบว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับใดสหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple correlation) เขียนแทนด้วยตัวย่อ R หรือย่อชนิดเต็มรูปเป็น $R_{Y, 12...k}$ เมื่อ k แทนจำนวนตัวพยากรณ์หรือตัวแปรอิสระ สหสัมพันธ์พหุคูณ ช่วยให้ทราบถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่เป็นไปได้สูงสุดระหว่างกลุ่มของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามนั้น เป็นสหสัมพันธ์อย่างง่าย (แบบ Product-moment) ระหว่าง Y กับคะแนนพยากรณ์ Y ซึ่งเป็น Linear combination ของกลุ่มตัวพยากรณ์ X ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = \frac{\Sigma yy'}{\Sigma y^2 + \Sigma y'^2} \quad (2.1)$$

เมื่อ R แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
 Y แทน คะแนนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของตัวเกณฑ์
 (ตัวแปรตามนั่นคือ = Y-Y)
 y' แทน คะแนนคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ (นั่นคือ = Y- Y')

โดยหลักการแล้วจะหาค่า R ได้โดยคำนวณหาคะแนนพยากรณ์ของตัวแปรตาม (หา Y') ของสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนแล้วหาสหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างคะแนนพยากรณ์ดังกล่าวกับคะแนนจริง (กับ Y) ดังนี้

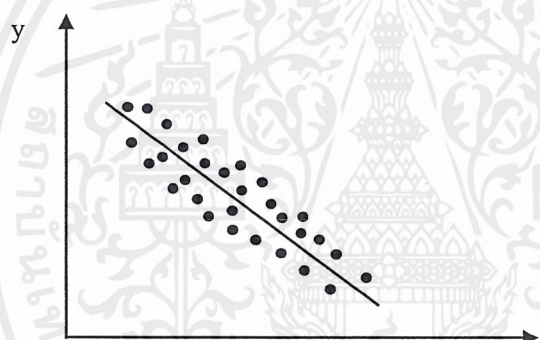
$$R = r_{yy'} \quad (2.2)$$

หลังจากที่คำนวณค่า R แล้ว ผู้วิจัยจะต้องทำการทดสอบว่าค่า R ที่คำนวณได้นั้นมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่า R ก่อน เมื่อพบว่า R มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยก็จะมั่นใจได้ว่ากลุ่มตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามค่า R² เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการทำนาย จะชี้ถึงสัดส่วนที่กลุ่มตัวแปรอิสระสัมพันธ์กับตัวแปรตาม กล่าวคือ เป็นสัดส่วนของความแปรปรวนในตัวแปรตามที่อาจอธิบายได้โดยกลุ่มของตัวแปรอิสระกลุ่มนั้น โดยทั่วไปจะเสนอในรูปร้อยละ โดยเอา 100 คูณ R² ค่า R จะมีค่าอยู่ระหว่าง .00 ถึง +1.00 ไม่มีค่าที่เป็นลบ ลักษณะการแจกแจงที่แสดงถึงลักษณะสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ดังกล่าว (เฉพาะสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง) อาจแสดงให้เห็นได้ใน 3 รูป ดังนี้

- สหสัมพันธ์เชิงบวก (Positive Correlations) ซึ่งหมายความว่า เมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มหรือลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย

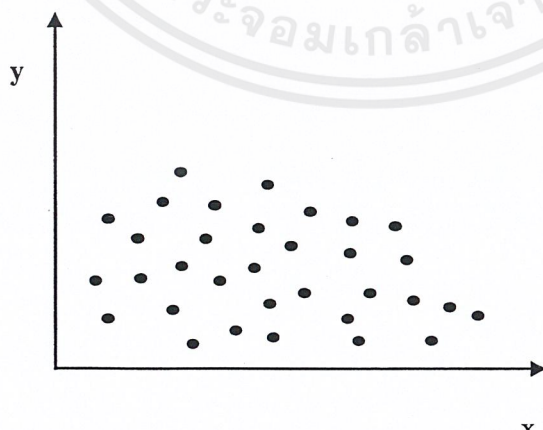


- สหสัมพันธ์เชิงลบ(Negative Correlations) หมายถึง เมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงข้ามเสมอ



x

- สหสัมพันธ์เป็นศูนย์(Zero Correlations) หมายถึง ตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน



กรณีตัวอย่างที่นำเสนอไปข้างต้น เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเรียกว่า สหสัมพันธ์ (Correlation) แต่ถ้าเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่

2 ตัวขึ้นไป จะเรียกชื่อเฉพาะว่าสหสัมพันธ์พหุคูณ(Multiple Correlation)

• การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สามารถแปลลงคะแนนได้ 4 ประการ ได้แก่

- ปริมาณของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
- ทิศทางของความสัมพันธ์ว่าสัมพันธ์กันทางบวกหรือทางลบ
- มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยการทดสอบสมมติฐาน
- สัมพันธ์กันเท่าไร เป็นการบอกความมากน้อยของความสัมพันธ์

ซึ่งอาจกำหนดได้ดังนี้

ค่าสหสัมพันธ์	ความหมาย
0.85 – 1.00	มีความสัมพันธ์มากที่สุด
0.71 – 0.84	มีความสัมพันธ์มาก
0.51 – 0.70	มีความสัมพันธ์น้อย
0.00 – 0.50	มีความสัมพันธ์น้อยที่สุด

• การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

มีหลายแบบขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูลของตัวแปรว่าจัดอยู่ในสเกลใด ในที่นี้จะใช้สูตรพื้นฐานในการคำนวณ (บุญชม ศรีสะอาด. 2541 หน้า 156)

$$R^2 = \beta_1 r_{y1} + \beta_2 r_{y2} + \beta_k r_{yk} \quad (2.3)$$

เมื่อ R^2 แทน กำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

β_1 แทน ค่าน้ำหนักเบต้าหรือสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปของ

คะแนนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ

r_{y1}, r_{y2}, r_{yk} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (ตัวเกณฑ์) กับตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k

k แทน จำนวนตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์)

• การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่ทำหน้าที่พยากรณ์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปกับตัวแปรตาม 1 ตัว เช่น ต้องการพยากรณ์ผลการเรียนของนักศึกษาแผนกคอมพิวเตอร์(Y) โดยใช้ตัวพยากรณ์ 3 ตัว ประกอบด้วยความสนใจของผู้เรียน (X_1) ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน (X_2) และคุณภาพการสอนของผู้สอน (X_3) เป็นต้น ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณนั้นจะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation Coefficient) เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นจำนวนทั้ง 3 ตัวกับตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์กันเช่นใดสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ จะต้องหาสมการถดถอยเพื่อใช้ในการพยากรณ์ของตัวแปรตาม (Y) และหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน รวมทั้งหาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่เป็นไปได้สูงสุดระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

• ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณมีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) ที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ (สำราญ มีแจ้ง. 2544)

- คะแนน Y มีการแจกแจงเป็นแบบปกติในแต่ละค่าของ X ข้อตกลงนี้ไม่คำนึงถึง X จะมีการกระจายเป็นโค้งปกติหรือไม่ก็ตาม แต่ขอให้ y เป็นโค้งปกติก็แล้วกัน ข้อตกลงนี้มีประโยชน์ในการทดสอบนัยสำคัญของค่าสถิติต่าง ๆ เพราะการทดสอบค่า R หรือ b นั้นเกี่ยวข้องกับค่าและในการทดสอบนัยสำคัญของสถิติเหล่านี้ ก็อาศัย F หรือ t เป็นสำคัญ ซึ่งต้องยึดถือข้อตกลงว่า คะแนนต้องกระจายเป็นโค้งปกติ

- คะแนน Y มีความแปรปรวนเท่ากันที่แต่ละจุด X

- ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ (e) มีการแจกแจงเป็นแบบปกติและเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดโดยบังเอิญ (Random) พร้อมกับมีความแปรปรวนเท่ากันทุกจุดของ X

• วิธีการคัดเลือกตัวแปร

วิธีการคัดเลือกตัวแปรเข้าสมการ เพื่อให้สมการสามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้สูงสุด มีวิธีการคัดเลือกตัวแปรหลายวิธี ในที่นี้จะได้นำเสนอ 4 วิธี (วาโร เฟิงส์วาศ์. 2550) ดังนี้

- วิธีการเลือกแบบคัดเลือกเข้า (Enter Selection) วิธีการนี้จะเป็นการเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้าสมการด้วยการวิเคราะห์เพียงขั้นตอนเดียว ซึ่งเป็นการคัดเลือกโดยใช้วิจารณ์ญาณของผู้วิจัยเองว่า จะคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ใดบ้างเข้าสมการ เริ่มตั้งแต่

การคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์มาศึกษา เมื่อคัดเลือกและเก็บข้อมูลแล้ว ทำการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ก่อนและใช้สถิติพื้นฐานโดยเฉพาะค่าความแปรปรวนหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง

ตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรพยากรณ์และระหว่างตัวแปรพยากรณ์ด้วยกันในการคัดเลือกควรคัดเลือกตัวแปรที่มีความแปรปรวนมาก ๆ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรพยากรณ์มีค่าสูง ๆ และมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระหว่างตัวแปรพยากรณ์ด้วยกันมีค่าน้อยและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อคัดเลือกแล้วจะใช้ตัวแปรพยากรณ์ทุกตัวที่เลือกวิเคราะห์พร้อม ๆ กัน ทุกตัวแปรเข้าสมการหมด

- วิธีการเลือกแบบก้าวหน้า (Forward Selection) วิธีการนี้จะเป็นการเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงที่สุดเข้าสมการก่อน ส่วนตัวแปรที่เหลือจะมีการคำนวณหาสหสัมพันธ์แบบแยกส่วน (Partial Correlation) โดยเป็นความสัมพันธ์เฉพาะตัวแปรที่เหลือตัวนั้นกับตัวแปรตาม โดยขจัดอิทธิพลของตัวแปรอื่น ๆ ออก ถ้าตัวแปรใดมีความสัมพันธ์กันสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็จะนำเข้าสมการต่อไป จะทำแบบนี้จนกระทั่งสหสัมพันธ์แบบแยกส่วนระหว่างตัวแปรอิสระที่ไม่ได้นำเข้าสมการแต่ละตัวกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะหยุดการคัดเลือกและได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สูงสุด

- วิธีการเลือกแบบถอยหลัง (Backward Selection) วิธีการนี้เป็นการนำตัวแปรพยากรณ์ทั้งหมดเข้าสมการ จากนั้นก็จะค่อย ๆ ขจัดตัวแปรพยากรณ์ออกทีละตัว โดยจะหาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพยากรณ์ที่อยู่ในสมการแต่ละตัวกับตัวแปรตาม เมื่อขจัดตัวแปรพยากรณ์อื่น ๆ ออกแล้ว หากทดสอบค่าสหสัมพันธ์แล้วพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็จะขจัดออกจากสมการแล้ว ดำเนินการทดสอบตัวแปรที่เหลืออยู่ในสมการต่อไป จนกระทั่งสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพยากรณ์แต่ละตัวกับตัวแปรตาม เมื่อขจัดตัวแปรอิสระอื่น ๆ ออกแล้วพบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะหยุดการคัดเลือก และได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สูงสุด

- วิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise Selection) การคัดเลือกแบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ทั้งแบบก้าวหน้าและแบบถอยหลังเข้าด้วยกัน ในขั้นแรกจะเลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงที่สุดเข้าสมการก่อนจากนั้นก็ทดสอบตัวแปรที่ไม่ได้อยู่ในสมการว่ามีตัวแปรใดบ้างมีสิทธิ์เข้ามาอยู่ในสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบก้าวหน้า (Forward Selection) และขณะเดียวกันก็จะทดสอบตัวแปรที่อยู่ในสมการด้วยว่า ตัวแปรพยากรณ์ที่อยู่ในสมการตัวใดมีโอกาที่จะถูกขจัดออกจากสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบถอยหลัง (Backward Selection) โดยจะกระทำการคัดเลือกผสมทั้งสองวิธีนี้ในทุกขั้นตอน จนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดที่ถูกคัดออกจากสมการและไม่มีตัวแปรใดที่จะถูกนำเข้าสมการ กระบวนการก็จะยุติและได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์

การพยากรณ์สูงสุด

- สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ จะช่วยให้ได้สมการพยากรณ์เชิงเส้นตรงในรูปคะแนนดิบ ดังนี้(บุญชม ศรีสะอาด. 2541)

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k \quad (2.4)$$

เมื่อ Y' แทน คะแนนพยากรณ์ของตัวแปรตาม (ตัวเกณฑ์)
 a แทน ค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ
 b_1, b_2, \dots, b_k แทน ค่าน้ำหนักคะแนนหรือสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ
 X_1, X_2, \dots, X_k แทน คะแนนของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ
 k แทน จำนวนตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์)
 การเขียนสมการในรูปคะแนนดิบจะต้องทราบค่า a และ b เพื่อนำมาแทนค่าในสมการ
 ค่า a จากสูตร

$$a = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - b_2\bar{X}_2 - \dots - b_k\bar{X}_k \quad (2.5)$$

เมื่อ a แทน ค่าคงที่สำหรับสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ
 \bar{Y} แทน--ค่าเฉลี่ยสำหรับตัวแปรตาม
 $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_k$ แทน--ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึง k ตามลำดับ
 b_1, b_2, \dots, b_k แทน ค่าน้ำหนักของตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึง k ตามลำดับ
 k แทน จำนวนตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์)

ค่า b หาจากสูตร

$$b_j = \beta_j \frac{S_y}{S_j} \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ b_j	แทน--ค่าน้ำหนักคะแนนหรือสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ j ที่ต้องการหาค่าน้ำหนัก
β_1	แทน--ค่าน้ำหนักเบต้าของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ j
S_y	แทน--ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม (ตัวเกณฑ์)
S_j	แทน--ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์)

สัมประสิทธิ์การถดถอย (b) เป็นค่าที่ชี้ถึงว่า เมื่อตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) (X) ตัวนั้นเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยจะทำให้ตัวแปรตาม (ตัวเกณฑ์) (คะแนนพยากรณ์ของตัวแปรตาม) เปลี่ยนแปลงไป b หน่วย

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ จะต้องคำนวณหาค่า a และ $b_1 b_2 \dots b_k$ เพื่อนำมาแทนค่าลงในสมการ โดยถือหลักการที่ว่า ค่า b ทุกตัวต้องเป็นค่าที่ทำให้สมการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุดนอกจากจะหาค่า a และ b แต่ละตัวแล้ว ควรทดสอบความนัยสำคัญของค่า b แต่ละตัวด้วย

จุดประสงค์หลักของการวิเคราะห์การถดถอย คือ เพื่อพยากรณ์ตัวแปรหนึ่ง โดยใช้ค่าที่ทราบของตัวแปรอีกตัวหนึ่ง การพยากรณ์นี้อาศัยหลักการ เช่น $Y = a + bX$ ซึ่งมีไว้เพื่อประมาณค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า Y เมื่อทราบค่าของตัวแปร X เรียกสมการนี้ว่า สมการการถดถอย เมื่อทราบสมการการถดถอย เราสามารถพยากรณ์ Y จากค่า X ที่กำหนดให้ สมการการถดถอยไม่เหมือนสมการทางคณิตศาสตร์ทั่วไป ในแง่ที่เราไม่สามารถจะมั่นใจกับค่าของ Y ที่ได้จากสมการการถดถอย เนื่องจากค่านี้มีการคลาดเคลื่อนและเป็นเพียงค่าประมาณของค่าที่แท้จริง (Y) เท่านั้น

- สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐานเป็นการศึกษาเพื่อหารูปแบบสมการเชิงคณิตศาสตร์ที่จะใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยจะอธิบายตัวแปรหนึ่ง เมื่อทราบค่าตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่ง ซึ่งความสัมพันธ์มีเหตุและมีผลต่อกันและกัน ซึ่งคะแนนทุกตัวเปลี่ยนเป็นรูปคะแนนมาตรฐาน จะทำให้ได้สมการพยากรณ์เชิงเส้นตรงในรูปของคะแนนมาตรฐาน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2541)

$$Z'_Y = \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 + \dots + \beta_k Z_k \quad (2.7)$$

เมื่อ Z'_Y แทน คะแนนพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐานของตัวแปรตาม (ตัวเกณฑ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\beta_1, \beta_2 \dots \beta_k$ แทน ค่าน้ำหนักเบต้าหรือสัมประสิทธิ์การถดถอย

ของคะแนนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ

$Z_1, Z_2 \dots Z_k$ แทน คะแนนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ

K แทน จำนวนตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์)

น้ำหนักเบต้า (β) ต่างกับน้ำหนักของคะแนนดิบ b ตรงที่หน่วยของ β เป็นคะแนนมาตรฐาน ดังนั้น β เป็นค่าที่ชี้ถึงว่า เมื่อตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) (X) ตัวนั้นเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยคะแนนมาตรฐานจะทำให้ตัวแปรอิสระ (ตัวเกณฑ์) (คะแนนพยากรณ์ของตัวแปรตาม) เปลี่ยนแปลงไป β หน่วยคะแนนมาตรฐาน

• ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน อาจเรียกแบบสั้น ๆ ว่า “Standard Error” หรือตัวย่อ SE หรือชื่อเต็ม ๆ ว่า Standard Error of Sample Mean (SEM) ซึ่งชื่อเต็มก็คือ Standard Deviation of (many) Sample Means หมายถึง ค่าที่แสดงว่าโดยเฉลี่ยแล้วค่าเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละตัวแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของประชากรมากน้อยเพียงใด โดยคำนวณจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหารด้วย รากที่สองของขนาดตัวอย่าง

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีหลักการมาจากการสุ่มตัวอย่างจากประชากรหนึ่งประชากรที่มีขนาดกลุ่มประชากรเท่ากับ N แล้วสุ่มตัวอย่างมาจำนวน k ตัวอย่าง เรียกว่า “Repeated sampling” นำแต่ละตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เรียกว่า “ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง” (Mean of the sampling means) แล้วนำค่าเฉลี่ยของทุกกลุ่มตัวอย่าง

มาสร้างกราฟ Sampling distribution เพื่อศึกษาความกว้างแคบของฐานกราฟหรือคุณสมบัติการกระจาย ซึ่งการกระจายนี้เรียกว่า Distribution of Sample Means ค่าการกระจายของมันเรียกว่า Standard Error (SE) นั่นเอง คุณสมบัติของการกระจายนี้นำไปใช้ประโยชน์ในวิธีการของสถิติอ้างอิงทั้งกรณีการประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน (ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ค่าคลาดเคลื่อนก็มีค่าสูง ในทางตรงกันข้าม ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ค่าคลาดเคลื่อนก็มีค่าต่ำ) (ชาญณรงค์ ทรงภาสรี. 2549)

การหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ ประกอบด้วย

- ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (Standard Error of estimate) เขียนแทนด้วยตัวย่อ S.E._{est} เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนที่เหลือ (ของ d_e) การที่คะแนนสอบจริง (Y) กับคะแนนพยากรณ์ (Y') ไม่เท่ากัน แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อน ถ้าแตกต่าง

กันมาก ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ ($S.E._{est}$) ก็จะมีค่ามาก ถ้าใกล้เคียงกันก็มีค่าน้อย สูตรในการหา $S.E._{est}$ คือ (บุญชม ศรีสะอาด. 2541)

$$S.E._{est} = \sqrt{\frac{SS_{res}}{N-k-1}} \quad (2.8)$$

เมื่อ $S.E._{est}$ แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์
 SS_{res} แทน ผลรวมของกำลังสอง (Sum of squares) ของส่วนที่เหลือ
 (Residual) เท่ากับ $\sum d^2$
 N แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง
 K แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

หมายเหตุ $\frac{SS_{res}}{N-k-1}$ ก็คือ $-MS_{res}$ นั่นเอง

-การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย
 (Standard Error of b coefficients) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย เขียน
 แทนด้วยตัวย่อ $S.E._{bi}$ เป็นค่าที่สามารถคำนวณได้หลายวิธี สูตรที่นิยมใช้ได้แก่
 (บุญชม ศรีสะอาด. 2541)

$$S.E. = \sqrt{\frac{2}{S.E._{est}^2} \frac{S.E._{Xj}^2}{1-R_i^2}} \quad (2.9)$$

เมื่อ $S.E._{bj}$ แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอยของ b_j
 $S.E._{est}^2$ แทน กำลังสองของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์
 $S.E._{Xj}$ แทน ผลรวมของกำลังสองของความเบี่ยงเบนของตัวแปรพยากรณ์ตัวที่ j
 R_j^2 แทน กำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัว
 พยากรณ์ตัวที่ j ซึ่งจะใช้เป็นตัวแปรตามกับตัวแปรพยากรณ์อื่น ๆ ที่เหลือ
 ความแตกต่างระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D) เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล
 ในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คำนวณจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างกำลังสองของข้อมูลแต่
 ละตัวกับค่าเฉลี่ย ความหมาย คือ โดยเฉลี่ยแล้วข้อมูลแต่ละตัวแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(อยู่ห่าง) จากค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใด เช่น ถ้าเก็บค่าสิ่งตัวอย่างมาจำนวนหนึ่งจากประชากร ที่มีการกระจายแบบปกติ เมื่อหาค่าเฉลี่ยจะเป็น \bar{X} แต่ค่าของสิ่งที่เป็นตัวอย่างแต่ละตัวอาจจะมากกว่า เท่ากับหรือน้อยกว่า \bar{X} มากบ้างน้อยบ้าง โดยเฉลี่ยแล้วห่างจาก \bar{X} เท่า ซึ่งเราเรียกว่า Standard Deviation

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Mean : SEM) หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง หมายถึง โดยเฉลี่ยแล้วค่าเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละตัวแตกต่างกัน (อยู่ห่าง) จากค่าเฉลี่ยของประชากรอยู่มากน้อยเพียงใดคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหารด้วยรากที่สองของขนาดตัวอย่าง (n) เช่น สมมติประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อเราทำการเก็บตัวอย่างมาจำนวนหนึ่งแล้วหาค่าเฉลี่ยได้ \bar{X}_1 ถ้าสมมติเราทำการเก็บตัวอย่างลักษณะเดียวกันนี้หลาย ๆ กลุ่ม แต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ย ก็จะได้ $\bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots, \bar{X}_N$ เมื่อเรานำค่า $\bar{X}_1 - \bar{X}_N$ บวกกันแล้วหารด้วย N จะได้ค่าเฉลี่ยกลาง \bar{X}_2 ถ้าขอย้อนมาหาว่า \bar{X}_1 จนถึง \bar{X}_N แต่ละค่าห่างจากค่าเฉลี่ยกลาง \bar{X}_2 เท่าไร ก็จะมีมากบ้างน้อยบ้าง แต่โดยเฉลี่ยแล้ว เท่ากับ SE ซึ่งเราเรียกว่า Standard Error

S.D. จะเป็นการวัดการกระจายของข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยที่ศึกษาในครั้งนั้น (ค่า \bar{X} : Statistic) ส่วน SEM จะเป็นการวัดการกระจายของค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เพื่อบรรยายอธิบายกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ส่วน SEM ใช้ในกรณีบรรยายอธิบายหรือสรุปลักษณะของประชากร

- การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของการถดถอย) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบว่า ตัวเกณฑ์กับกลุ่มตัวพยากรณ์นั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างเชื่อถือได้หรือไม่ โดยมีสมมติฐานหลักในการทดสอบ ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวเกณฑ์กับกลุ่มตัวพยากรณ์ ($H_0 : R = 0$) การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย) ทดสอบโดยใช้สถิติ F จากสูตร

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(N-k-1)} \quad (2.10)$$

เมื่อ F แทนค่า สถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ F เพื่อ

ทราบความมีนัยสำคัญของ R

R แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

N แทน จำนวนสมาชิกกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K แทน จำนวนตัวพยากรณ์ (ตัวแปรอิสระ)
หรือทดสอบโดยใช้สูตร

$$F = \frac{SS_{regt} / df_{reg}}{ss_{res} / df_{res}} \quad (2.11)$$

เมื่อ F แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ F เพื่อทราบความมีนัยสำคัญของ R

SS_{reg} แทน ผลรวมของกำลังสอง (Sum of squares) ของ Y

SS_{res} แทน ผลรวมของกำลังสอง (Sum of Squares) ของส่วนที่เหลือ (หรือของความเบี่ยงเบนของการถดถอย (ความคลาดเคลื่อน))

df_{reg} แทน Degree of freedom ของการถดถอย = k

df_{res} แทน Degree of freedom ของส่วนที่เหลือ (ความคลาดเคลื่อน = N-k-1)

จาก $SS_t = SS_{reg} + SS_{res}$

$SS_{res} = SS_t + SS_{reg}$

เมื่อ SS_t แทน ผลรวมของกำลังสองของทั้งหมดของ Y (Total sum of squares)
 $= \sum Y^2$

สำหรับ SS_{reg} หาจากสูตร

$$SS_{reg} = b_1 \sum X_1 Y + b_2 \sum X_2 Y + \dots + \sum X_k Y \quad (2.12)$$

จากสูตร $F = \frac{SS_{regt} / df_{reg}}{ss_{res} / df_{res}}$ ก็คือ $F = \frac{MS_{reg}}{MS_{res}}$ นั่นเอง

-ขั้นตอนในการทดสอบนัยสำคัญ

การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่า F

จากสูตร(2.10)

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(N-k-1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$F = \frac{SS_{\text{reg}} / df_{\text{reg}}}{SS_{\text{res}} / df_{\text{res}}} \quad (2.13)$$

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าวิกฤตของค่า F จากการเปิดตาราง F โดยใช้ $df_1 = k$ และ $df_2 = N-k-1$ และที่ระดับนัยสำคัญ (α) ตามที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณ กับค่าวิกฤตที่ได้จากการเปิดตาราง F ในขั้นตอนที่ 2 พิจารณา ดังนี้

ถ้าค่า $F_{\text{คำนวณ}}$ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $F_{\text{ตาราง}}$ แสดงว่า R มีนัยสำคัญ นั่นคือ จะไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ว่า “ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวเกณฑ์กับกลุ่มตัวพยากรณ์” แต่จะยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ที่ว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวเกณฑ์กับกลุ่มตัวพยากรณ์ เป็นการยอมรับว่าการถดถอยของ Y บน X มีนัยสำคัญทางสถิติ

ถ้าค่า $F_{\text{คำนวณ}}$ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต $F_{\text{ตาราง}}$ แสดงว่า R ไม่มีนัยสำคัญ ก็จะยอมรับ (H_0) ที่ว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวเกณฑ์กับกลุ่มตัวพยากรณ์

- สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์

: ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

: คำนวณค่า r_{xy} ของตัวแปรพยากรณ์กับตัวแปรเกณฑ์

: คัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรเกณฑ์เข้าสมการและคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R)

: ทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ว่าทดสอบว่าตัวแปรพยากรณ์ที่เข้าในสมการยังคงอยู่ในสมการต่อไปได้หรือไม่ด้วยสถิติ F

: หาค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรพยากรณ์ (b) หรือทั้งสองอย่าง เพื่อนำมาใช้ในการเขียนสมการพยากรณ์

: ทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอย เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรพยากรณ์สามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้หรือไม่ ด้วยสถิติ t

: คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรพยากรณ์ที่เข้าสมการ ($SE_{\hat{y}}$) และคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (SE_{est})

: คัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่มีความสัมพันธ์สูงกับตัวแปรเกณฑ์รองลงมาเข้าสมการและทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เปลี่ยนแปลง (R^2 change) ด้วยสถิติ F ถ้า R^2 change ไม่มีนัยสำคัญก็แสดงว่าตัวแปรพยากรณ์ไม่สามารถอยู่ในสมการพยากรณ์ได้ แต่ถ้ามีนัยสำคัญก็ดำเนินการตามข้อ 4, 5, 6 และ 7 แล้วดำเนินการต่อไปจนกว่าจะไม่มีตัวแปรพยากรณ์ใดเข้าในสมการ (การดำเนินการตามข้อ 8 เป็นวิธีการวิเคราะห์หัดถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได)

• ปัญหาการใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณในการวิจัย

การใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณในการวิจัยนั้น มีปัญหาหลายประการ ดังนี้

- ขาดความรู้ ความเข้าใจในวิธีการคัดเลือกตัวแปร วิธีการคัดเลือกเข้า (enter) จะใช้กรณีที่ต้องการดูภาพรวมความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ส่วนวิธีแบบก้าวหน้า (forward) วิธีแบบถดถอย (backward) และวิธีแบบขั้นตอน (stepwise) จะใช้ในกรณีที่ต้องการคัดเลือกตัวแปรเข้าสู่สมการพยากรณ์ โดยพยายามที่จะใช้ตัวแปรอิสระบางตัวถูกคัดออกจากสมการ ทำให้ไม่เห็นภาพของตัวแปรที่ได้จากการทบทวนเอกสารและผลการวิจัย

- การใช้ตัวแปรระดับนามบัญญัติ (normal scale) มากเกินไปทำให้ระดับความสัมพันธ์ที่ได้อยู่ในระดับต่ำ เป็นผลให้ตัวแปรอิสระไม่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการพยากรณ์ ทั้งนี้ในความเป็นจริงตัวแปรอิสระตัวนั้นส่งผลต่อตัวแปรตามก็ตาม

- เนื่องจากโปรแกรมการคำนวณหรือโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติต่าง ๆ ไม่มีการกำหนดรหัสให้ตัวแปรดัมมี่ (dummy variable) ทำให้โปรแกรมการคำนวณเข้าใจว่าตัวเลขที่เป็นรหัส (code) ประจำกลุ่มนั้นเป็นค่าของตัวแปร เช่น ตัวแปรอาชีพ กำหนดรหัส ดังนี้ 1 = ข้าราชการ 2 = ค้าขาย 3 = รับจ้าง เป็นต้น รหัสเช่นนี้ทำให้เข้าใจว่า ตัวแปรนี้อยู่ในมาตราอัตราส่วน ซึ่งมีค่า เท่ากับ 1 ถึง 3 ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์

- มีความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปร เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลไม่มีคุณภาพ ลักษณะเช่นนี้ส่งผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์

- กรณีที่ความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรอิสระและตัวแปรตามไม่ใช่ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ถ้าเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ อีกทั้งยังเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิตินี้ ดังนั้น ควรมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นก่อนที่จะใช้การวิเคราะห์การถดถอย

- ชุดของตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษาไม่มีการอ้างอิงเชิงทฤษฎีหรือการทบทวนเอกสารและงานวิจัยอย่างรอบคอบ การที่เป็นเช่นนี้จะทำให้การสรุปผลผิดพลาดและกระทบต่อการอภิปรายผลการวิจัยด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดของตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษามีความสัมพันธ์กันสูง จะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ดังนั้น จะต้องมีการทดสอบว่าตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษาไม่มีความสัมพันธ์กัน(บุญชม ศรีสะอาด. 2541. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เข้าถึงได้จาก:www.rci2010.files.wordpress.com)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minota รุ่น CR 300 หัววัด CR 400

แอมมิเตอร์ดิจิตอล ยี่ห้อ UNI-TR รุ่น UT601

ชุดแผงแผ่นเหล็กยึดด้วยสปริง(กนกพร แก้วสมนึกและมาลินี รัชชี่. 2552)

สายไฟ

ไม้บรรทัด ขนาด 30 cm

ถังน้ำยูเรก้า

เครื่องวัดTexture ยี่ห้อTexture Technologies รุ่น TA X2i (หัวเจาะ cylinder P/5)

เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด moisture analyser ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น MJ 33

Hand Refractometer ยี่ห้อ ATAGO N1

เวอร์เนียคาลสลิปเปอร์

มีดอีโต้

บิวเรตขนาด50 ml

ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml

ปิเปตขนาด10 ml

จุกยางแดงใหญ่

ปากกีสบ

โถดูดความชื้นพลาสติก

ถาดอะลูมิเนียมสำหรับเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด

มีดคัตเตอร์

3.2 วัตถุดิบ

มะพร้าวอ่อนสด พันธุ์น้ำหอม จัดซื้อที่ตลาดสดอุดมพร(หัวตะเข้)ลาดกระบัง กรุงเทพฯ

3.3 สารเคมี

สารละลาย NaOH 0.1 N

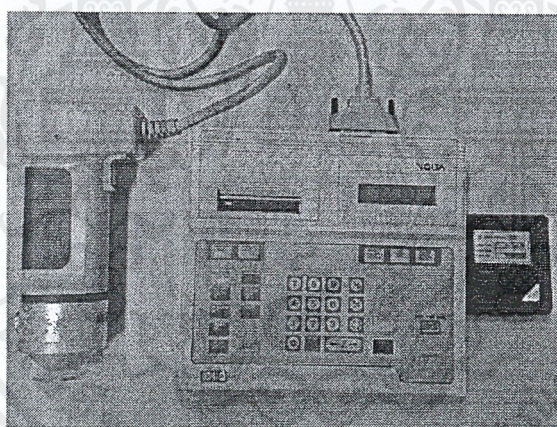
สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

3.4 ขั้นตอนและวิธีทดลอง

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของมะพร้าวอ่อนนั้นจะแบ่งเป็นคุณสมบัติภายนอกของมะพร้าวอ่อนและคุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน

3.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติภายนอกของมะพร้าวอ่อน

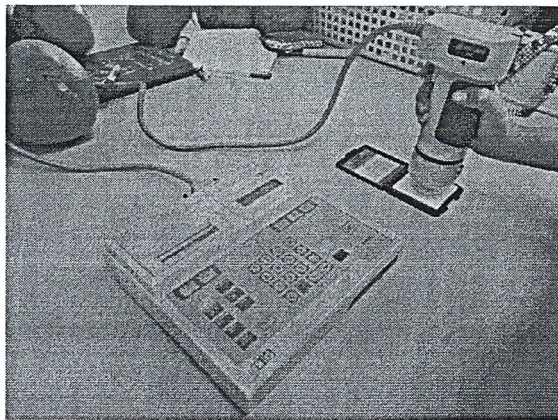
: การวัดสี โดยการใช้เครื่อง Minolta CR 300



ภาพที่ 3.1 เครื่องวัดสี Minolta CR 300

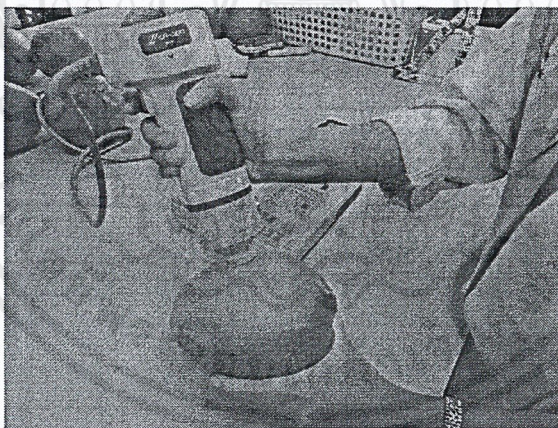
- กดเปิดปุ่ม on เลือก All data clear เพื่อลบข้อมูลที่ค้างไว้
- เลือก Calibrate จากนั้นเอาหัววัดไปยังกับแผ่นเทียบค่า ทิ้งไว้ให้เครื่องcerebrate ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 เครื่อง Minolta CR 300 Calibrate เครื่อง

- กด Color space select เพื่อเลือกที่จะอ่านค่าแบบ ไหนเทียบค่ากับแผ่นเทียบค่าให้เท่ากัน
- เมื่อเทียบค่าเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำหัววัดไปทาบบกับวัตถุที่ต้องการจะวัด กดให้แนบสนิทไม่ให้แสงเข้าคณุ่มวัดค่าสี



ภาพที่ 3.3 เครื่อง Minolta CR 300ทาบบวัดค่าสีมะพร้าว

- กด Color space select เพื่อเลือกค่าที่ต้องการจะอ่าน เช่น L a b หรือ Hue เป็นต้น

: การวัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของมะพร้าวจะแสดงด้วยค่า Geometric Mean Diameter (GMD) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (Mohsenin, 1986)

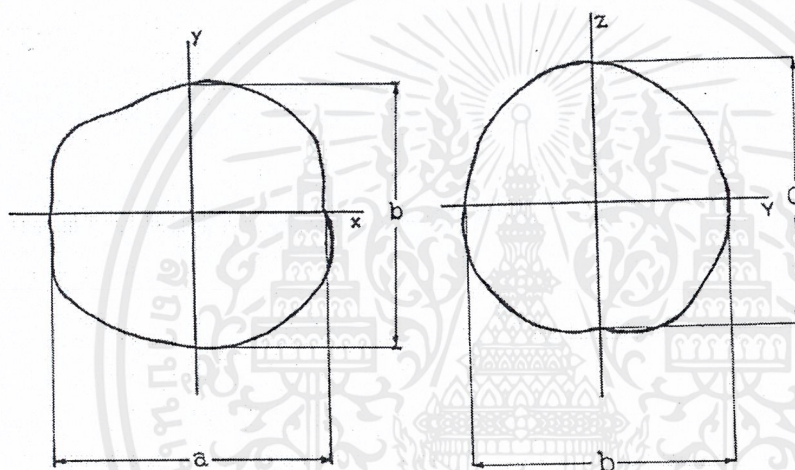
$$\text{GMD} = \sqrt[3]{abc} \quad (3.1)$$

เมื่อ

a = ความยาวจริงของเส้นที่ลากจากขั้วถึงก้นมะพร้าว โดยเป็นด้ายที่ยาวที่สุด

b = ความยาวจริงของเส้นที่ลากตั้งฉากกับ a ตรงกึ่งกลางลูกในระนาบเดียวกัน

c = ความยาวจริงของเส้นที่ลากตั้งฉากกับทั้ง a และ b โดยวัดจากเงาฉายในแนวตั้ง



ภาพที่ 3.4 ภาพฉายของผลมะพร้าวด้าน a, b, c

ที่มาภาพ : สุวิมล โชคชัยสวัสดิ์, อติศรา เรืองจิระชูพร, 2537

การหาค่า a, b, c มีขั้นตอนการจัดการดังต่อไปนี้

- นำเครื่องฉายข้ามศีรษะ (Overhead Projector) มาฉายบนจอรับภาพ ซึ่งใช้กระดาษรูปขนาดประมาณ 40 cm x 60 cm ติดบนผนังเรียบ ปรับเงาของกรอบเครื่องฉายให้กรอบรูปภาพเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก

- นำชิ้นกระดาษขนาด 1 cm x 1 cm ติดไว้บริเวณกึ่งกลางเครื่องฉายภาพ จากนั้นปรับระยะภาพบนจอ จากนั้นลากเส้นตามขอบของภาพบนจอ

- วัดระยะทางด้านใดด้านหนึ่งของภาพฉาย คำนวณอัตราส่วนขยายเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวจริงโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนขยายของภาพ = ความยาวของภาพฉาย/ความยาวของชิ้นกระดาษ (3.2)

- นำมะพร้าวมาวางบนเครื่องฉายภาพ ในแนวนอน และแนวตั้ง จากนั้นลากเส้นตามขอบภาพฉายของมะพร้าว จะได้ภาพฉายของมะพร้าวในแนวนอน และแนวตั้ง
- วัด 3-axial dimension ได้แก่ ความยาวของ a , b และ c ซึ่งแสดงในภาพ และคำนวณความยาวจริงจากความยาวที่วัดได้ โดยการย่อขนาดตามอัตราส่วนขยายของภาพ
- นำความยาวจริงที่วัดได้ไปคำนวณค่า GMD ตามสมการ

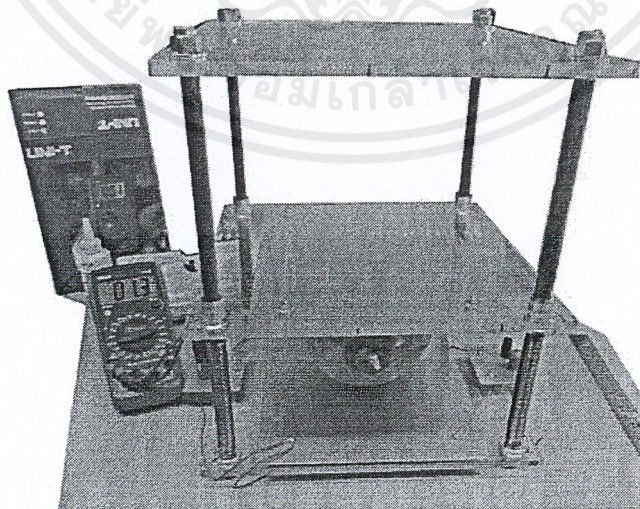
: การวัดรูปทรง

รูปทรงมะพร้าวสามารถคำนวณได้จากค่า Sphericity ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงรูปทรงของวัตถุเมื่อเปรียบเทียบกับทรงกลมที่สามารถล้อมรอบวัตถุได้พอดี ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{Sphericity} = \frac{\text{GMD}}{a} \quad (3.3)$$

โดยปกติแล้ว ค่า Sphericity ของวัตถุที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1

: การวัดค่าการเก็บประจุไฟฟ้าและความต้านทานของผลไม้



ภาพที่ 3.5 ชุดการวัดค่าการเก็บประจุไฟฟ้าและความต้านทานของผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าตัวเก็บประจุ

- นำผลมะพร้าวจัดตามภาพที่ 3.5 ในชุดเครื่องมือ

- ต่อสายไฟเข้ากับชุดแอมป์มิเตอร์ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT601 สายไฟสีแดงต่อกับขั้วบวกสายไฟสีดำต่อกับขั้วลบปรับมิเตอร์ไปที่ 200 nF ปรับให้ค่าเป็น 1 โดยนำขั้วสองขั้วประกกันก่อนสวมในขั้วของเครื่อง

- จับเวลา 1 นาที เพื่อดูค่าการเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าของผลไม้โดยปกติจะเก็บค่าจนกว่าจะคงที่แต่ในที่นี้อาจทราบเพียงว่า ภายในเวลา 1 นาทีมะพร้าวแต่ละผลมีค่า capacitance เท่าไรเพื่อนำข้อมูลมาประกอบการสร้างสมการและบันทึกผล

- ค่าตัวต้านทาน

- นำผลมะพร้าวจัดตามภาพที่ 3.5 ในชุดเครื่องมือ

- ต่อสายไฟเข้ากับชุดแอมป์มิเตอร์ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT601 สายไฟสีแดงต่อกับขั้วบวกสายไฟสีดำต่อกับขั้วลบปรับมิเตอร์ไปที่ 200 M Ω ปรับให้ค่าเป็น 1 โดยนำขั้วสองขั้วประกกันก่อนสวมในขั้วของเครื่อง

- จับเวลา 1 นาทีเพื่อดูค่าการต้านทานไฟฟ้าของผลไม้โดยปกติจะเก็บค่าจนกว่าจะคงที่แต่ในที่นี้อาจทราบเพียงว่า ภายในเวลา 1 นาทีมะพร้าวแต่ละผลมีค่าความต้านทานไฟฟ้าเท่าไรเพื่อนำข้อมูลมาประกอบการสร้างสมการและบันทึกผล (กนกพร แก้วสมนึก, มาลินี รังษี. 2552)

: ปริมาตรและความหนาแน่น

กฎของอาร์คิมิดีส (Archimedes Principle) ที่กล่าวว่า "ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมนลงในน้ำย่อมเท่ากับปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุ"

วิธีการแทนที่น้ำ

อาศัยความสัมพันธ์ของระหว่างปริมาตร มวลและความหนาแน่นซึ่งโดยส่วนมากจะใช้วิธีการแทนที่น้ำในการคำนวณหาปริมาตร กล่าวคือ ปริมาตรจะเป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักที่ถูกแทนที่โดยมะพร้าว ต่อ ความหนาแน่นของน้ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้

(Akar and Aydin, 2005; Aydine and Musa Ozcan, 2007)

- ใส่น้ำเข้าให้เต็มถึง ไข่มืออุดทางออกของน้ำไว้ก่อน

- วางบนพื้นระดับแล้วปล่อยให้ น้ำไหล จนระดับน้ำพอดีกับปากทางออกของน้ำ

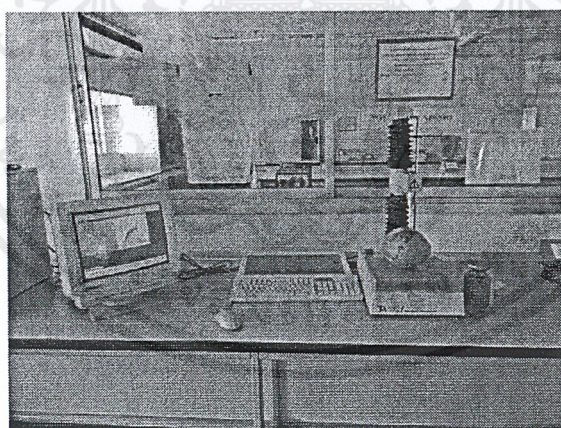
- ร่องภาชนะรับน้ำไว้บริเวณปลายทางออกของน้ำ
- ค่อยๆใส่มะพร้าวลงไปช้าๆ
- เมื่อใส่วัตถุเสร็จ รอน้ำหยดไหลจากปลายทางออก วัดปริมาตรน้ำที่ไหลออกมาแล้วไปคำนวณระหว่างการแช่น้ำน้ำหนักของน้ำถูกแทนที่ด้วยน้ำหนักผลไม้และจะถูกบันทึกไว้ ปริมาตรของผลไม้จะถูกคำนวณตามสมการต่อไปนี้ (Mohsenin, 1986)

$$\text{Actual volume} = \frac{M}{D} \quad (3.4)$$

โดย M และ D ได้พิจารณาเป็นน้ำหนักน้ำที่ถูกแทนที่และความหนาแน่นของน้ำ (ที่ 25°C) ตามลำดับ (Akar and Aydin, 2005; Aydin and Musa Ozcan, 2007)

: การวัดเนื้อสัมผัส โดยการใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Texture Technologies รุ่น TAx2i

- เสียบปลั๊กเครื่องสำรองไฟ เปิดสวิทช์เครื่องมาที่ตำแหน่ง on อุปกรณ์วัดเนื้อสัมผัสประกอบไปด้วยฐานทดสอบ (test best) และคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานต่อพ่วงเข้ากับเครื่องสำรองไฟนี้
- เปิดคอมพิวเตอร์และเปิดสวิทช์ฐานทดสอบซึ่งอยู่ด้านหลังเครื่อง



ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Texture Technology รุ่น Tax2i Texture Analyzer

- เข้าสู่โปรแกรมการทำงานของเครื่องโดย

เปิด Program

เลือก Texture expert ซึ่งจะปรากฏโปรแกรมย่อย เลือก Texture expertEnglish

หน้าต่างใหม่ที่ปรากฏขึ้นจะถามชื่อผู้ใช้ เลือกชื่อแล้วตอบ OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มการทำงานเข้าสู่โปรแกรมการทำงานภายใต้โปรแกรม Project คลิกที่ Restart หน้าต่างใหม่จะประกอบด้วยแถบคำสั่งต่างๆ คลิกที่แถบคำสั่ง T.Aทดสอบการทำงานของเครื่อง 2 ครั้ง

- Force calibration

เลือก T.A. บนแถบคำสั่ง Calibrate force หน้าต่างใหม่จะเตือนให้ผู้ใช้ตรวจสอบว่ามีวัตถุใดๆกีดขวางหัววัดหรือไม่ ถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางตบตกลง หน้าต่างใหม่ที่ปรากฏขึ้นจะแจ้งให้ผู้ใช้ยกตุ้มน้ำหนักลงบนคานวัด จากนั้นตบตกลง เมื่อหน้าจอปรากฏข้อความ Calibration successful ตบตกลงแล้วเอาตุ้มน้ำหนักลง

- Probe calibration (การทำขั้นตอนนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้หัววัดที่แตกต่างกันไปจากหัววัดก่อนหน้า)

เลือก T.A. – CalibrateProbe กำหนดระยะทางให้มีความสูงกว่าขึ้นตัวอย่างเล็กน้อยสวมหัววัด จากนั้นตบตกลง หัววัดจะเคลื่อนที่มาแตะกับฐานและกลับไปยังตำแหน่งที่กำหนดซึ่ง Texture expert จะอ่านตำแหน่งดังกล่าวเป็นศูนย์

- เลือก T.A.-Setting จากแถบคำสั่ง T.A. เพื่อกำหนดค่าปัจจัยต่างๆซึ่งค่าเหล่านี้ได้มาจากเอกสารอ้างอิงของผู้ใช้หรือดูจากเอกสารผู้ผลิตเครื่องมือกำหนดค่า แล้วคลิก Update การกำหนดค่าต่างๆสำหรับตัวอย่าง มะพร้าว ดังนี้

Test mode and option

Measure force in compression

Return to start

Parameter

Pre test speed 1 mm/s

Test speed 1 mm/s

Post test speed 10.0 mm/s

Rupture test dish 1.0 mm

Distance 10 mm

Trigger

Type Auto

Force 10 g

Stop plot at final

-เลือก run a test เพื่อทำการวัดตัวอย่าง หลังจากทำการวางตัวอย่างบนฐานวัดเรียบร้อยแล้ว ทำการตั้งชื่อไฟล์ directory: text_exp เพื่อบันทึกข้อมูล จากนั้นตอบตกลง หัววัดจะเลื่อนลงมาเพื่อวัดตัวอย่าง

-ข้อมูลที่ได้อาจอยู่ในรูปกราฟ การหาค่าจากกราฟที่ได้ สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง Process data

-กำหนดค่าใน Process data หรือการเขียน Macro ซึ่งจะใช้ในการหาค่าจากกราฟออกมาเป็นตัวเลข

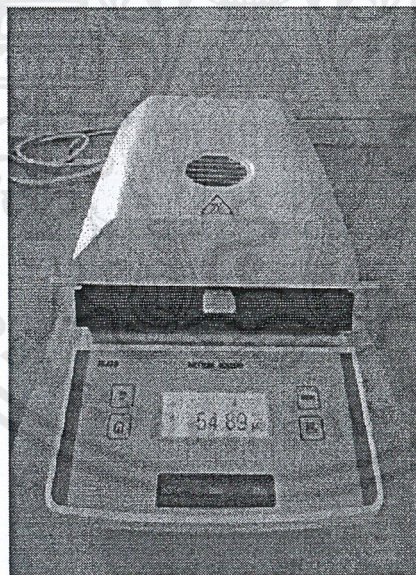
-เลือกแถบคำสั่ง Process data หรือการเขียน Macro เลือก edit

-เลือกคำสั่งย่อยที่ต้องการ จากคำสั่งต่างๆที่แสดง

-บันทึกเพิ่มไว้เพื่อเรียกใช้งาน

-เมื่อหาข้อมูลจากกราฟได้แล้ว ผลที่ได้จะอยู่ในภาพตารางข้อมูล สามารถพิมพ์โดยใช้คำสั่ง file ได้

: การวัดความชื้นของเปลือกมะพร้าวส่วนสีเขียว



ภาพที่ 3.7 เครื่อง moisture analyser ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น MJ 33

-ตั้งเครื่องปรับสมดุลฐานของเครื่องชั่ง เสียบปลั๊ก กดปุ่มเปิด

- ตั้งค่าที่โหมด อุณหภูมิ เลือกอุณหภูมิ 130 °C

- เปิดฝาเครื่องใช้ปากคีบใส่ถาดฝอยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบที่ 130°Cและใส่ไว้ใน

โถวัดความชื้นมาใส่ในตะแกรงของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปิดฝาเครื่องเพื่อปรับน้ำหนักให้เป็นศูนย์
- ใช้ใบมีดคัดเตอร์ลอกเปลือกมะพร้าวอ่อนส่วนเขียวบริเวณส่วนด้านของผลมะพร้าว ประมาณ 0.5-0.7 กรัม ปิดฝาเครื่องขึ้นใช้คีมคีบลงบนถาดฝอย
- ปิดฝาเครื่องเพื่อให้เครื่องทำงาน
- เมื่อเครื่องส่งสัญญาณเตือนบันทึกค่า Moisture Content เวลาที่ทำการอบ

3.4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน

: ค่าความหวาน (ปริมาณของแข็งที่ละลายในสารละลายได้)

โดยนำน้ำมะพร้าวของแต่ละตัวอย่างมาทดสอบโดยใช้ Hand Refractometer ATAGO N1 ปิดฝาน้ำของเครื่องมือหยดน้ำกลั่นเพื่อ carebate อุปกรณ์ แล้วเขี่ยออกด้วยกระดาษชำระหยดน้ำมะพร้าวของตัวอย่างลงไปด้วยแท่งแก้ว ปิดฝาอุปกรณ์ส่องด้วยตาข้างเดียวอ่านค่าบันทึกผลทำซ้ำเช่นนี้ 3 ครั้ง

: ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด

- ปิเปตน้ำมะพร้าวมา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 3 ใบ
- หยดฟีนอล์ฟทาลีนซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ประมาณ 2 – 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
- นำขวดรูปชมพู่ที่เตรียมไว้มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนกระทั่งเห็นเป็นสีชมพูจางๆ ประมาณ 30 วินาที
- ทำซ้ำจนครบ 3 ขวดบันทึกผล
- นำค่าปริมาตรเฉลี่ยที่ไทเทรตได้ไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของน้ำมะพร้าว โดยใช้กรดมาลิกซึ่งมีแฟลกเตอร์เท่ากับ 0.067 เป็นตัวเทียบเท่าจากสมการนี้

(สุวิมลและอดิศรา, 2537)

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด} \left(\frac{\text{g}}{100\text{ml}} \right) = \frac{V \times N \times MW \times 100}{1000 \times U}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้

V = ปริมาณสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตจนถึงจุดยุติ

N = นอร์มัลลิตีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

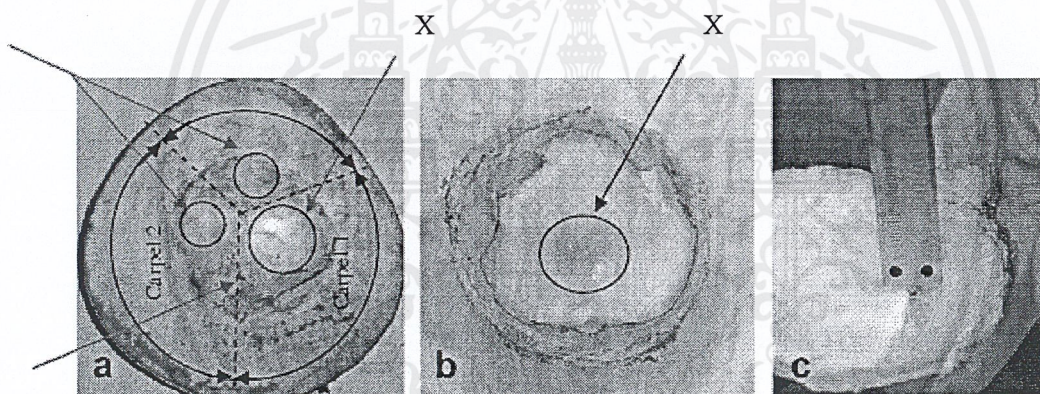
U = ปริมาณของตัวอย่างน้ำมะพร้าวที่นำมาไทเทรต(ml)

MW = น้ำหนักสมมูลของกรดมาลิก

: การวัดค่าความหนาเนื้อ

- จากภาพที่สองจุด X แสดงส่วนที่เป็นตาใหญ่ของกะลามะพร้าว เว้นจากส่วนนี้ออกมาประมาณ 1 เซนติเมตร กัดเนื้อส่วนด้านนอกออก

- นำเวอร์เนียคาลิเปอร์มาวัดดังภาพที่ 2 ส่วน c ทำซ้ำ 3 ครั้งบันทึกผล



ภาพที่ 3.8 ลักษณะทางกายภาพของกะลาและการวัดความหนาเนื้อมะพร้าว

ที่มาภาพ : Chaiyapong S. , Jarimopas B. , Meeklangsaen W. , Terdwongworakul A. , 2009

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนหรือพหุคูณคือ การวิเคราะห์การถดถอยที่มีตัวแปรอิสระที่เราศึกษานั้นมีค่ามากกว่า 1 ตัวแปร และตัวแปรตาม 1 ตัว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้เป็นความสัมพันธ์ อยู่ในรูปของสมการเส้นตรง และสามารถอธิบายและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว ว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง Y มากที่สุด สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ในรูปของสมการได้

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาคูสมบัติทางกายภาพภายนอกและทางเคมีเพื่อสร้างสมการทำนายปริมาณน้ำมะพร้าว ค่าความหวาน เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด และ ความหนาเนื้อของมะพร้าวอ่อน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพภายนอกทั้งหมด สี ค่าการเก็บประจุไฟฟ้า ค่าการต้านทานของประจุไฟฟ้า น้ำหนัก ความหนาแน่นของผลมะพร้าวอ่อน ปริมาตรของผลมะพร้าวอ่อน ค่าแรงฉีกเปลือก ค่าความชื้นเปลือกเขียว เพื่อนำมาวิเคราะห์จากข้อมูลทางสถิติที่ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS สร้างเป็นสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง (Multiple Linear Regression) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งมะพร้าวจำนวนทั้งหมด 100 ผลออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มสร้างสมการ 70 ผล และกลุ่มทดสอบสมการ 30 ผล

ตารางที่ 4.1 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบปริมาณน้ำมะพร้าวของกลุ่มสร้างสมการ และกลุ่มทดสอบสมการ

Statistics	ปริมาณน้ำมะพร้าวของ กลุ่มสร้างสมการ 70 ผล	ปริมาณน้ำมะพร้าวของ กลุ่มทดสอบสมการ 30 ผล
Mean	276.74	278.56
Std. Error of Mean	6.89	9.79
Std. Deviation	57.71	53.62
Minimum	180.00	190.00
Maximum	420.00	360.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับปริมาณน้ำมะพร้าว

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าว โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัว
เข้าในสมการ

Independent	B	Std. Error of B	Beta	t	Sig.
L*	0.69	1.75	0.03	0.4	0.69
a*	-4.16	21.48	-0.14	-0.19	0.84
b*	13.33	44.37	0.81	0.30	0.76
Chroma	-13.33	48.96	-0.81	-0.27	0.78
Hue angle	-2.57	3.02	-0.13	-0.85	0.39
major Diameter	76.62	69.54	1.27	1.10	0.27
Intermediate Diameter	-34.91	41.66	-0.50	-0.83	0.40
minor Diameter	-37.53	41.79	-0.50	-0.89	0.37
Sphere(Sp)	2056.93	1928.69	1.29	1.06	0.29
Capacitance(C)	1.67	1.43	0.07	1.16	0.24
Resistance (R)	-0.25	1.38	-0.01	-0.18	0.85
Mass(m)	0.99	0.39	3.46	2.55	0.01
Volume(v)	-0.74	0.36	-2.85	-2.05	0.04
Density(D)	-1108.33	599.76	-0.81	-1.84	0.07
Texture	0.00	0.00	-0.00	-0.06	0.95
Moisture(MC)	2.21	0.83	0.17	2.67	0.01
Constant= -942.947 ; SEest = 26.01954 R = 0.919 ; R ² = 0.844 ; F = 17.907 ; Sig = 0.000					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS เพื่อสร้างสมการทำนายค่า ปริมาณน้ำมะพร้าว โดยใช้ตัวแปรอิสระ 16 ตัวพร้อมกัน จะสามารถพิจารณาจากค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ(R) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.919 เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทุกตัวกับตัวแปรตามซึ่งคือ ปริมาณน้ำมะพร้าว โดยมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง อีกทั้งยังพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์(R²) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 84.4% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับค่า Sig ของสมการพบว่ามีค่า Sig < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมการพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าว พิจารณาจากค่า B ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ เมื่อนำตัวแปรอิสระเข้าสมการ จะได้สมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Volume} = & -942.947+0.69L^*-4.16a^*+13.33b^*-13.33\text{Chroma}^*-2.57\text{Hue}^* \\ & +76.62\text{major}-34.91\text{intermediate}-37.535\text{minor}+2056.93\text{Sp} \\ & +1.67\text{C}-0.25\text{R}+0.99\text{m}-0.74\text{v}-1108.33\text{D}-0\text{texture}+2.21\text{MC} \end{aligned}$$

การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าว คือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ ตามด้วย ความหนาแน่น (Density) และค่า Major Diameter ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่แทบจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าวเลย คือ ค่าแรงฉีกเปลือก เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์(B) ต่ำมาก

เมื่อสร้างสมการพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าว จึงหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้ดังนี้

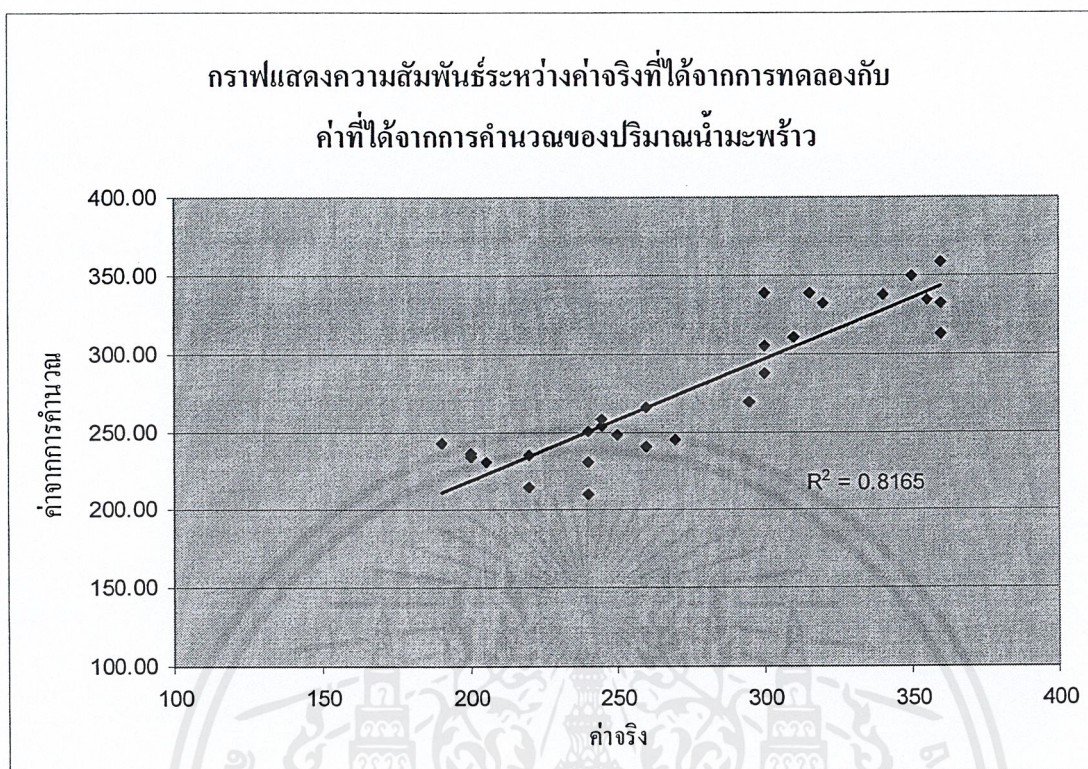
ตารางที่ 4.3 ค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของปริมาณน้ำมะพร้าว

ค่าจริง (ml)	ค่าที่คำนวณจากสมการ(ml)
310	310.85
300	287.68
315	338.42
320	332.85

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของปริมาณน้ำมะพร้าว

ค่าจริง (ml)	ค่าที่คำนวณจากสมการ(ml)
300	305.08
250	248.38
260	240.83
270	245.24
240	250.14
220	235.05
295	268.57
240	210.13
355	335.08
360	312.99
360	331.97
360	358.47
350	349.85
300	339.24
340	338.18
260	266.19
200	234.70
200	236.58
240	230.59
220	214.90
190	242.63
245	253.43
245	258.26
205	231.05
$R^2 = 0.8165$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของปริมาณน้ำมะพร้าว

เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของปริมาณน้ำมะพร้าวแล้วพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 เท่ากับ 0.8165 หมายความว่า สมการดังกล่าว สามารถพยากรณ์ค่าปริมาณน้ำมะพร้าวที่แท้จริง โดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์เท่ากับ 81.65 %

ตารางที่ 4.4 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบค่าความหวาน ($^{\circ}$ Brix) ของกลุ่มสร้างสมการ และกลุ่มทดสอบสมการ

Statistics	ค่าความหวาน ของกลุ่มสร้างสมการ 70 ผล	ค่าความหวาน ของกลุ่มทดสอบสมการ 30 ผล
Mean	7.06	6.85
Std. Error of Mean	0.10	0.05
Std. Deviation	0.83	0.30
Minimum	5.87	6.27
Maximum	8.47	7.67

4.1.2 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับค่าความหวาน ($^{\circ}$ Brix)

ตารางที่ 4.5 ตารางวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าความหวาน โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัว
เข้าใน สมการ

Independent	B	Std. Error of B	Beta	t	Sig.
L*	-0.05	0.04	-0.15	-1.27	0.21
a*	0.08	0.35	0.21	0.24	0.81
b*	-0.41	0.73	-1.63	-0.56	0.58
Chroma	0.33	0.80	1.28	0.42	0.68
Hue angle	0.03	0.05	0.12	0.55	0.59
major Diameter	-3.76	1.63	-4.32	-2.31	0.02
Intermediate Diameter	1.82	0.97	1.67	1.87	0.07
minor Diameter	1.85	0.98	1.70	1.88	0.07
Sphere(Sp)	-97.16	45.23	-4.18	-2.15	0.04
Capacitance(C)	0.01	0.03	0.03	0.34	0.73
Resistance (R)	0.02	0.02	0.07	0.63	0.53
Mass(m)	0.02	0.01	4.57	2.53	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ตารางวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าความหวาน โดยนำตัวแปรอิสระ
ทุกตัวเข้าใน สมการ

Independent	B	Std. Error of B	Beta	t	Sig.
Volume(v)	-0.02	0.01	-4.34	-2.20	0.03
Density(D)	-35.69	13.42	-2.10	-2.66	0.01
Texture	-0.00	0.00	-0.04	-0.35	0.73
Moisture(MC)	-0.02	0.02	-0.15	-1.20	0.23
Constant=137.767; SEest = 0.64498 R = .735 ; R ² = .540 ; F = 3.888 ; Sig =.000					

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS เพื่อสร้างสมการทำนายค่าความหวาน(°Brix) ของน้ำมะพร้าว โดยใช้ตัวแปรอิสระ 16 ตัวพร้อมกัน จะสามารถพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ(R) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.735 เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทุกตัวกับตัวแปรตามซึ่งคือ ค่าความหวาน (°Brix) โดยมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง อีกทั้งยังพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์(R²) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 54% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับค่า Sig ของสมการพบว่ามีค่า Sig < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมการพยากรณ์ค่าความหวาน(°Brix) ของน้ำมะพร้าว พิจารณาจากค่า B ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ เมื่อนำตัวแปรอิสระเข้าสมการ จะได้สมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{°Brix} = & 137.76-0.05L*-0.84a*-0.41b*-0.33\text{Chroma*}-0.03\text{Hue*} \\ & -3.76\text{major}+1.82\text{intermediate}+1.856\text{minor}-97.16\text{Sp} \\ & +0.01C+0.02R-0.02m+0.02v-35.69D-0\text{texture}-0.02MC \end{aligned}$$

การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ค่าความหวาน (°Brix) ของน้ำมะพร้าว คือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามด้วย ปริมาตรของผลมะพร้าว (Mass) และค่า Major Diameter ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่
 แทนจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์ค่าความหวานของน้ำมะพร้าวเลย คือ ค่าแรงฉีกเปลือก เนื่องจาก
 มีสัมประสิทธิ์ (B) ต่ำมากเข้าใกล้ศูนย์

เมื่อสร้างสมการพยากรณ์ค่าความหวานของน้ำมะพร้าว จึงหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่
 ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้ดังนี้

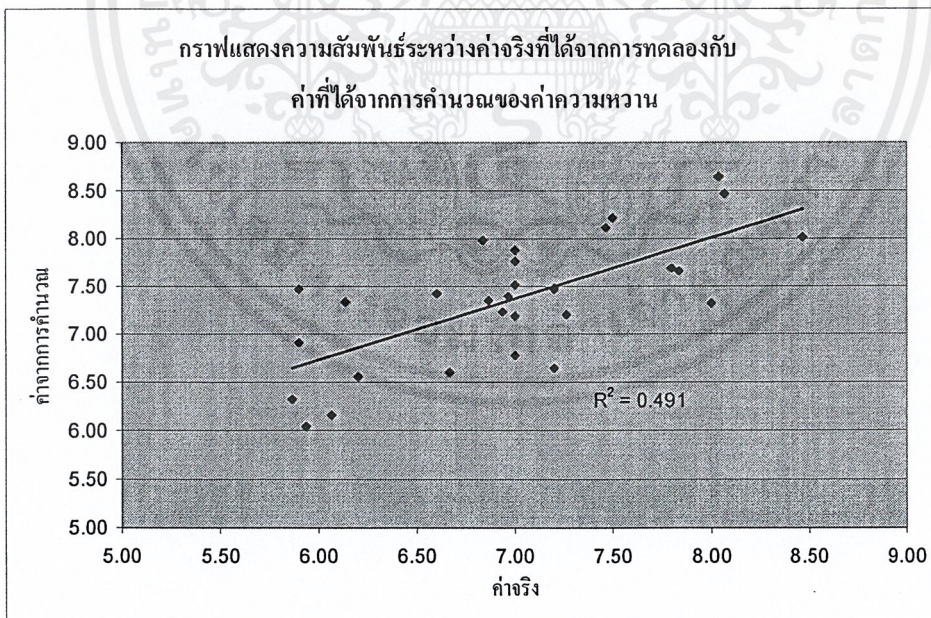
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าความหวาน
 (°Brix) ของน้ำมะพร้าว

ค่าจริง	ค่าที่คำนวณจากสมการ
8.00	7.32
7.00	7.51
7.20	7.48
7.20	7.48
7.50	8.23
7.80	7.69
7.00	7.88
6.60	7.43
6.13	7.34
8.47	8.01
8.07	8.47
7.27	7.21
8.03	8.65
7.47	8.11
7.83	7.66
6.07	6.16
5.90	6.91
5.90	7.48
5.87	6.32
5.93	6.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าความหวาน (°Brix) ของน้ำมะพร้าว

ค่าจริง	ค่าที่คำนวณจากสมการ
6.20	6.55
7.20	6.65
6.87	7.35
7.00	7.19
6.93	7.24
7.00	7.77
7.00	6.78
6.67	6.60
6.97	7.40
6.83	7.98
$R^2 = 0.4910$	



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของค่าความหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของความหวานของมะพร้าวแล้วพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 เท่ากับ 0.491 หมายความว่า สมการดังกล่าว สามารถพยากรณ์ค่าความหวาน ($^{\circ}$ Brix) ที่แท้จริงโดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์เท่ากับ 49.1 % เท่านั้น อาจเกิดเนื่องจากการกระจายตัวของข้อมูลมีความผิดปกติซึ่งจะส่งผลต่อ ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์

ตารางที่ 4.7 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity) ของกลุ่มสร้างสมการและกลุ่มทดสอบสมการ

Statistics	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด กลุ่มสร้างสมการ 70 ผล	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด กลุ่มทดสอบสมการ 30 ผล
Mean	0.05	0.05
Std. Error of Mean	0.00	0.00
Std. Deviation	0.02	0.02
Minimum	0.01	0.01
Maximum	0.10	0.08

4.1.3 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity)

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity) โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้าในสมการ

Independent	B	Std. Error of B	Beta	t	Sig.
L*	0.00	0.00	0.24	1.81	0.08
a*	0.00	0.01	-0.23	-0.17	0.86
b*	-0.01	0.03	-1.14	-0.22	0.83
Chroma	0.01	0.03	1.04	0.18	0.86
Hue angle	0.00	0.00	-0.66	-2.22	0.03
major Diameter	0.00	0.05	-.21	-0.10	0.92
Intermediate Diameter	0.02	0.03	0.80	0.70	0.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity)

โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้าในสมการ

Independent	B	Std. Error of B	Beta	t	Sig.
minor Diameter	0.01	0.03	0.26	0.22	0.82
Sphere(Sp)	-0.35	1.32	-.61	-0.27	0.79
Capacitance(C)	0.00	0.00	0.12	1.07	0.29
Resistance (R)	0.00	0.00	0.01	0.04	0.97
Mass(m)	.00	.00	.74	.29	.77
Volume(v)	.00	.00	-1.60	-.61	.54
Density(D)	-.13	.41	-.26	-.31	.75
Texture	.00	.00	.49	3.45	.00
Moisture(MC)	.00	.00	-.12	-.95	.35
Constant= 0.6 ; SEest = 0.0178324 R = 0.664 ; R ² = 0.441 ; F = 2.614 ; Sig =0.004					

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS เพื่อสร้างสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด(%Acidity)ของน้ำมะพร้าว โดยใช้ตัวแปรอิสระ 16 ตัวพร้อมกัน จะสามารถพิจารณาจากค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ(R) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.664 เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทุกตัวกับตัวแปรตามซึ่งคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด(%Acidity)โดยมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง อีกทั้งยังพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์(R²) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 44.1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับค่า Sig ของสมการพบว่ามีค่า Sig < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%Acidity) คือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ ตามด้วย ค่าความหนาแน่น (Density) ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่แทบจะไม่มีผลต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยากรณ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด คือ ค่าความสว่าง ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน ปริมาตรของผลมะพร้าว และค่าแรงฉีกเปลือก เป็นต้น เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์(B) ต่ำมากเข้าใกล้ศูนย์

เมื่อสร้างสมการพยากรณ์ค่าความหวานของน้ำมะพร้าว จึงหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้ดังนี้

$$\%Acid = 0.6-0.01b*+0.01Chroma*+0.02intermediate+0.01minor-0.35Sp-0.13D$$

เมื่อสร้างสมการพยากรณ์ค่าความเป็นกรด(%Acidity) จึงหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด(%Acidity)

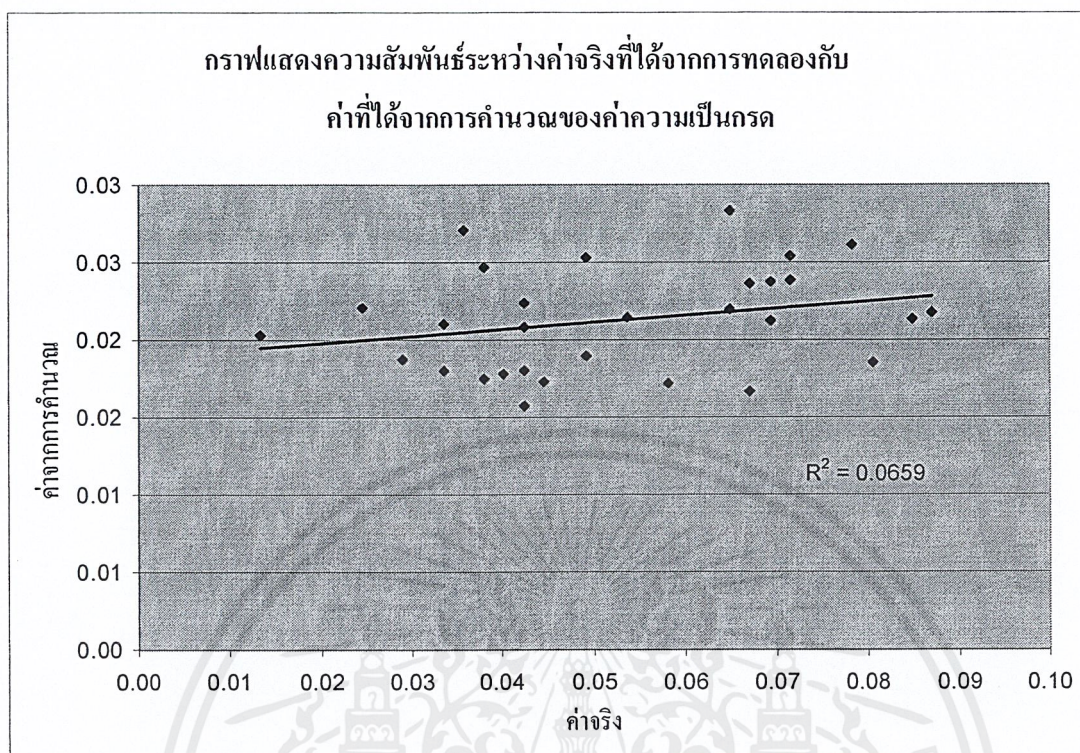
ค่าจริง (%)	ค่าที่คำนวณจากสมการ(%)
0.0134	0.0203
0.0290	0.0187
0.0424	0.0223
0.0424	0.0208
0.0357	0.0271
0.0380	0.0247
0.0335	0.0210
0.0715	0.0238
0.0246	0.0221
0.0491	0.0253
0.0648	0.0284
0.0849	0.0213
0.0648	0.0220
0.0782	0.0261
0.0692	0.0237
0.0670	0.0167
0.0670	0.0237

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าเปอร์เซ็นต์
ความเป็นกรด(%Acidity)

ค่าจริง (%)	ค่าที่คำนวณจากสมการ(%)
0.0715	0.0254
0.0536	0.0215
0.0692	0.0212
0.0871	0.0218
0.0402	0.0178
0.0380	0.0175
0.0335	0.0180
0.0424	0.0158
0.0447	0.0173
0.0804	0.0185
0.0581	0.0172
0.0491	0.0189
0.0424	0.0181
$R^2 = 0.0659$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด

เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของค่าความเป็นกรด(%Acidity) เมื่อเทียบกับกรดมาลิก แล้วพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 เท่ากับ 0.0659 หมายความว่า สมการดังกล่าว สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดของน้ำมะพร้าวที่แท้จริงโดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์ต่ำเพียง 6.5 % เท่านั้น อาจเกิดเนื่องจากการกระจายตัวของข้อมูลมีความผิดปกติซึ่งจะส่งผลต่อ ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์

ตารางที่ 4.10 การแจกแจงสถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบค่าความหนาเนื้อ (Thickness) ของกลุ่ม
สร้างสมการและกลุ่มทดสอบสมการ

Statistics	ค่าความหนาเนื้อ กลุ่มสร้างสมการ 70 ผล	ค่าความหนาเนื้อ กลุ่มทดสอบสมการ 30 ผล
Mean	4.75	4.73
Std. Error of Mean	0.10	0.19
Std. Deviation	0.86	1.04
Minimum	2.00	2.00
Maximum	6.60	7.20

4.1.4 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับค่าความหนาเนื้อ (Thickness)

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าความหนาเนื้อ (Thickness) โดยนำตัวแปร
อิสระทุกตัวเข้าในสมการ

Independent	B	Std.Error of B	Beta	t	Sig.
L*	-0.11	0.08	-0.25	-1.45	0.15
a*	0.38	0.82	0.72	0.46	0.64
b*	-1.16	1.86	-4.86	-0.62	0.53
Chroma	1.32	2.04	5.46	0.65	0.52
Hue angle	-0.03	0.08	-0.10	-0.37	0.71
major Diameter	2.23	3.33	2.25	0.67	0.51
Intermediate Diameter	0.33	0.55	0.30	0.59	0.55
GMD	-3.61	3.98	-2.92	-0.91	0.37
Sphere(Sp)	41.07	62.77	1.68	0.65	0.52
Capacitance(C)	0.01	0.05	0.03	0.25	0.81
Resistance (R)	-0.05	0.04	-.16	-1.19	0.24
Mass(m)	-0.02	0.01	-4.08	-1.75	0.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าความหนาเนื้อ (Thickness) โดยนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้าในสมการ

Independent	B	Std.Error of B	Beta	t	Sig.
Sphere(Sp)	41.07	62.77	1.68	0.65	0.52
Capacitance(C)	0.01	0.05	0.03	0.25	0.81
Resistance (R)	-0.05	0.04	-.16	-1.19	0.24
Mass(m)	-0.02	0.01	-4.08	-1.75	0.09
Volume(v)	0.02	0.01	4.53	1.86	0.07
Density(D)	28.51	16.69	1.64	1.71	0.09
Texture	0.00	0.00	-0.01	-0.06	0.95
Moisture(MC)	-0.03	0.03	-0.14	-0.93	0.36
Constant= -39.833 ; SEest = 0.82626 R = 0.545 ; R ² = 0.297 ; F = 1.398 ; Sig =0.179					

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS เพื่อสร้างสมการทำนายค่าความหนาเนื้อ(Thickness)ของมะพร้าว โดยใช้ตัวแปรอิสระ 16 ตัวพร้อมกัน จะสามารถพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ(R) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.545 เป็นค่าที่บอกลถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทุกตัวกับตัวแปรตามซึ่งคือ ค่าความหนาเนื้อ(Thickness) อีกทั้งยังพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์(R²) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 29.7% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับเนื่องจากค่าSig ของสมการพบว่ามีค่า Sig > 0.05 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ค่าความหนาเนื้อ (Thickness) คือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ ตามด้วย ค่าความหนาแน่น (Density) ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่แทบจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์ค่าความหนาของน้ำมะพร้าวเลย คือ ค่าแรงฉีกเปลือก เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์(B) ต่ำมาก

เมื่อสร้างสมการพยากรณ์ค่าความหนาเนื้อ(Thickness) จิงหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Thickness} = & -39.833-0.11L^*+0.38a^*-1.16b^*+1.32\text{Chroma}^*-0.03\text{Hue}^* \\ & +2.230\text{major}+0.33\text{intermediate}-3.61\text{GMD}+41.075\text{p} \\ & +0.01\text{C}+0.05\text{R}-0.02\text{m}+0.02\text{v}+28.51\text{D}-0\text{texture}-0.030\text{MC} \end{aligned}$$

เมื่อสร้างสมการพยากรณ์ค่าความหนาเนื้อ(Thickness) จิงหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองจริงและค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าความหนาเนื้อ

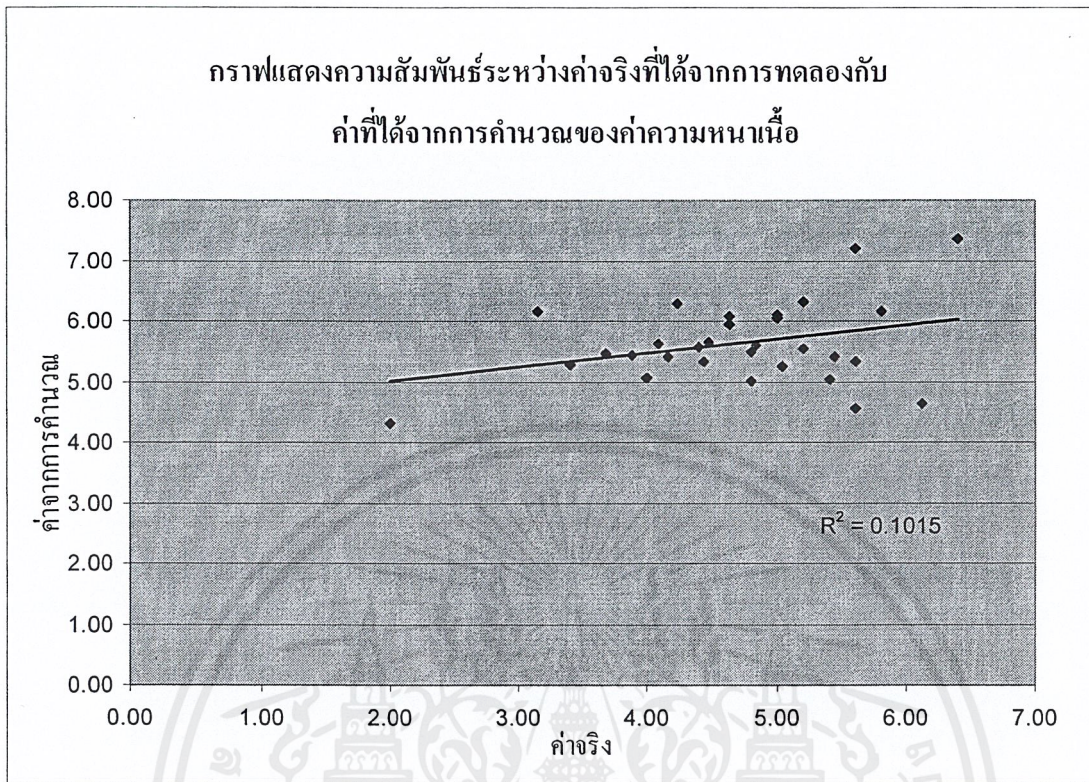
ค่าจริง (mm)	ค่าที่คำนวณจากสมการ(mm)
5.60	7.19
4.08	5.64
3.88	5.45
4.80	5.00
5.04	5.26
5.00	6.05
3.16	6.15
3.40	5.28
3.68	5.47
4.00	5.06
4.16	5.40
4.24	6.31
4.40	5.57
4.44	5.35
4.48	5.65
4.64	6.09
4.64	5.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ตารางแสดงค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าจากการคำนวณของค่าความหนาเนื้อ

ค่าจริง (mm)	ค่าที่คำนวณจากสมการ(mm)
4.80	5.50
4.84	5.61
5.00	6.11
5.20	6.32
5.40	5.04
5.44	5.41
5.60	4.56
5.80	6.15
6.12	4.63
6.40	7.35
5.20	5.55
5.60	5.34
2.00	4.33
$R^2 = 0.1015$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของค่าความหนาเนื้อ

เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของค่าความหนาเนื้อ(Thickness) แล้วพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 เท่ากับ 0.1015 หมายความว่า สมการดังกล่าว สามารถพยากรณ์ค่าความหนาเนื้อที่แท้จริงโดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์ต่ำเพียง 10.15% เท่านั้น อาจเกิดเนื่องจากการกระจายตัวของข้อมูลมีความผิดปกติซึ่งจะส่งผลต่อ ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์

4.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามทั้ง 4 ตัว

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงค่า ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตาม

ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตาม				
	ปริมาณน้ำ มะพร้าว	ค่าความ หวาน	ค่าความเป็น กรด	ค่าความหนา เนื้อ
ปริมาณน้ำมะพร้าว		0.059	0.001	0.026
ค่าความหวาน	0.059		0.013	0.005
ค่าความเป็นกรด	0.001	0.013		0.019
ค่าความหนาเนื้อ	0.026	0.005	0.019	

จากตารางสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามด้วยกันแล้วพบว่าแทบจะไม่มี ความสัมพันธ์กันเลย โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ซึ่งมีค่าต่ำมาก วิเคราะห์ ความสัมพันธ์ได้อย่างเช่น ปริมาณน้ำมะพร้าวเยอะ ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่ามะพร้าวลูกนั้นหวาน มากหวานหรือหวานน้อย หรือปริมาณกรดเยอะ ก็ไม่มีสัมพันธ์ว่ามะพร้าวจะหวานหรือไม่ มะพร้าว ที่มีค่าความหวานสูง ความหนาของเนื้ออาจจะไม่หนา เป็นต้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

- สร้างสมการทำนายปริมาณน้ำมะพร้าวโดยใช้ตัวแปรอิสระทั้ง 16 ตัว พิจารณาจากค่า R^2 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 84.4% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าว คือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ ตามด้วย ความหนาแน่น (Density) และค่า Major Diameter ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่แทบจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำมะพร้าวเลย คือ ค่าแรงฉีกเปลือก เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์ (B) ต่ำมาก เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของปริมาณน้ำมะพร้าวแล้วพบว่า สามารถพยากรณ์ค่าปริมาณน้ำมะพร้าวที่แท้จริงโดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์เท่ากับ 81.65 %

- สร้างสมการทำนายค่าความหวานโดยใช้ตัวแปรอิสระทั้ง 16 ตัว ได้ค่า R^2 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 54% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ค่าความหวาน คือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ ตามด้วย ปริมาตรของผลมะพร้าว (Mass) และค่า Major Diameter ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่แทบจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์ค่าความหวานของน้ำมะพร้าวเลย คือ ค่าแรงฉีกเปลือก เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์ (B) ต่ำมาก เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของค่าความหวานแล้วพบว่า สามารถพยากรณ์ค่าความหวานที่แท้จริงโดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์เท่ากับ 49.1 %

- สร้างสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดโดยใช้ตัวแปรอิสระทั้ง 16 ตัว ได้ค่า R^2 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 44.1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดคือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่า

สัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ ตามด้วย ค่าความหนาแน่น (Density) ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่แทบจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด คือ ค่าความสว่าง ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน ปริมาตรของผลมะพร้าว และค่าแรงฉีกเปลือก เป็นต้น เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์(B) ต่ำมากเข้าใกล้ศูนย์ เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของค่าความเป็นกรดแล้วพบว่า สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดที่แท้จริงโดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์เท่ากับ 6.59%

- สร้างสมการทำนายค่าความหนาแน่นโดยใช้ตัวแปรอิสระทั้ง 16 ตัว ได้ค่า R^2 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 29.7% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การพิจารณาความสำคัญของตัวแปรจะพิจารณาจากค่า B พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการพยากรณ์ค่าความหนาแน่น (Thickness) คือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั้นๆ ตามด้วย ค่าความหนาแน่น (Density)ตามลำดับ สำหรับตัวแปรตามที่แทบจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์ค่าความหวานของน้ำมะพร้าวเลย คือ ค่าแรงฉีกเปลือก เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์(B) ต่ำมาก เมื่อพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงที่ได้จากทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณของค่าความหนาแน่นแล้วพบว่า สามารถพยากรณ์ค่าความเป็นกรดที่แท้จริงโดยมีความแม่นยำของการพยากรณ์เท่ากับ 10.15 %

- เมื่อพิจารณาค่าความสำคัญระหว่างตัวแปรตามทั้ง 4 ตัวคือปริมาณน้ำมะพร้าว ค่าความหวาน ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด และค่าความหนาแน่นกับตัวแปรอิสระแล้ว จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามทุกตัวมากที่สุดคือ ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) ซึ่งเป็นการบ่งชี้รูปร่างของผลมะพร้าวว่ามีรูปร่างคล้ายกับทรงกลมมากเพียงใด รูปร่างของทรงกลมที่สมบูรณ์แบบที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นเมื่อพิจารณาข้อมูลของค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) ที่ได้จากการหึ่งปฏิบัติงานพบว่าจะมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลเท่ากับ 0.8815 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการที่จะเลือกผลมะพร้าวให้มีปริมาณน้ำมะพร้าวเยอะๆหรือมีรสชาติหวาน โดยการพิจารณารูปร่างจากลักษณะภายนอกจะเลือกผลมะพร้าวที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับทรงกลม

- สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามด้วยกันแล้วพบว่าแทบจะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) อย่างเช่น ปริมาณน้ำมะพร้าวเยอะ ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่ามะพร้าวลูกนั้นหวานมากหรือหวานน้อย หรือปริมาณกรดมากน้อย ก็ไม่มีสัมพันธ์ว่ามะพร้าวจะหวานหรือไม่ มะพร้าวที่มีค่าความหวานสูง ความหนาของเนื้ออาจจะไม่หนา เป็นต้น

- ค่าสัมประสิทธิ์ที่ติดลบ ไม่ได้หมายความว่า ค่าต่ำมากถึงขั้นติดลบ แต่ค่าที่ติดลบของสัมประสิทธิ์บ่งชี้ทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นไปในทางลบคือ เมื่อค่าของตัวแปรอิสระสูงขึ้น ค่าของตัวแปรตามต่ำลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรเพิ่มเติมคุณสมบัติที่น่าจะมีผลต่อคุณภาพภายในของผลมะพร้าวในการทดลองและนำมาสร้างสมการ

- ควรกำหนดอายุของผลมะพร้าวให้แน่ชัดยิ่งขึ้น

- ควรเพิ่มการแบ่งกลุ่มตัวอย่างในการสุ่มสร้างสมการใหม่ทุกครั้งที่จะสร้างสมการทำนายคุณสมบัติที่ต่างกันออกไป

- ในการศึกษาตัวแปรตามทั้งหมด โดยใช้ตัวแปรอิสระถึง 16 ตัว แต่ค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ยังต่ำอยู่นั้นอาจเป็นเพราะ ยังมีตัวแปรอิสระอีกหลายตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามทั้ง 4 ตัว แต่ผู้ทดลองไม่ได้ทำการทดลอง อย่างเช่น อายุของมะพร้าว ความถี่เสียดสีก่อนการวิเคราะห์สเปกตรัม NIR เป็นต้น

บรรณานุกรม

- กนกพร แก้วสมนึกและมาลินี รังษี. 2552. การตรวจวัดความฟ้ามของส้มโดยใช้ค่าความจุทางไฟฟ้า, ปรินูญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- กิตติชัย บรรจง. ปีที่พิมพ์ไม่ระบุ. เอกสารการสอนหลักการและวิธีการวัดสีของอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชลธิชา ธนฐิติพงศ์ และวิภาดา วงศ์รินทรามณี. 2549. การวัดสีของอาหารเหลวชนิดโปร่งใสและโปร่งแสงด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง (Color Measurement of Transparent and Translucent Liquid Food Using Reflection Colorimeter) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- บุญชม ศรีสะอาด. 2541. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1 : สุวีริยาสาส์น. ผู้แต่งไม่ระบุ. การปลูกมะพร้าวปลอดสารพิษและวิธีเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ยูที ไสซ์: โครงการสร้างเงินสร้างงาน พลเอกชัยสิทธิ์ ชินวัตร ประธานโครงการ.
- ผู้แต่งไม่ระบุ. การเพาะปลูกและขยายพันธุ์มะพร้าวไม้ผลเศรษฐกิจมากด้วยคุณค่า. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ เพชรกะรัต.
- ผู้แต่งไม่ระบุ. ปีที่พิมพ์ไม่ระบุ. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณและสมการถดถอยพหุคูณ www.rci2010.files.wordpress.com
- ผู้แต่งไม่ระบุ .1996. Hunter L a b colorscale , http://www.hunterlab.com/appnotes/an08_96a.pdf
- ผู้แต่งไม่ระบุ .1948. Lab color space , http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space
- พวงร้อย. 2544. <http://www.vcharkarn.com/include/vcafe/showkratoo.php?Cid=102&Pid=10373&ooc=3>
- วรภัทร ลักนทินวงศ์. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. กรรมวิธีการรักษาคุณภาพมะพร้าวเพื่อการส่งออก, http://nstda.or.th/tlo/inside.php?option=view_technology&id=100
- สุวิมล โชคชัยสวัสดิ์ และ อริศรา เรืองจิระชูพร. 2537. การประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวอ่อนเพื่อการคัดเลือกคุณภาพ. ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

- อนงค์นาฏ ศรีบุญแก้ว. 2554. มะพร้าวน้ำหอม, <http://www.bedo.or.th/lcdb/biodiversity/view.aspx?id=11106>
- Akar, R., Aydin, C. 2005. Some physical properties of Gumbo fruit varieties. *J. Food Eng.* 66, 387–393.
- Benson, J. 1998 . Developing a strong program of construct validation: A test anxiety example. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 17(X), 10–22.
- Billmeyer, F. W., Jr. and Saltzman, M. 1981. *Principles of Color Technology*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Cayless, M.A. and Marsden, A.M. 1983. *Lamp and Lighting*. 3 rd.ed., Arnold, London.
- D. Ansorna, M. P. De Pena, I.Astiasaran and J. Belle. 1997. *Colour Evaluation : Comparison Between the CIE L* a* b* and the Hunter Lab system with Illuminants D65 and C*. *Meat Science*.
- Hunter, R. S., and Harold, R. W. ,1987. *The measurement of Appearance*. John Wiley Pub., New York .
- Hunt, R.W.G. 1993. *Measuring Colour*. 2 nd.ed., The City University, London.
- J. B. Hutching. 1995. *Food Color and Appearance*. Colmworth, Bedford, UK.
- Little A C, Chichester C O, MacKinney G. 1985. *On Color Measurement in foods*. *Food Tech.*
- Little Angela C. 1964 . *Color Measurement of translucent food samples*. *J Food Sci* 29.
- Mohsenin, 1986 N.N. Mohsenin, *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Gordon and Breach Science Publishers (1986) pp. 20–89
- Tabatabaeefar, A., Vefagh-Nematolahee, A., Rajabipour, A., 2000. *Modeling of orange mass based on dimensions*. *Agric. Sci. Tech.* 2, 299–305.
- Terdwongworakul A. ; Chaiyapong S. ; Jarimopas B. and Meeklangsaen W. 2009. *Physical properties of fresh young Thai coconut for maturity sorting*, *biosystems engineering*. 103. 208-216

ภาคผนวก ก

หลักการและวิธีการวัดสีของอาหาร

การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพทางกายภาพหรือการวัดคุณลักษณะของอาหาร มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคุณลักษณะของอาหารนี้เป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกซื้อสินค้า จนกระทั่งทำให้ผู้บริโภค เกิดความประทับใจและยังคงบริโภคสินค้าของเราอยู่เสมอ การตรวจสอบและควบคุมทางกายภาพนี้มีหลายปัจจัยที่ใช้ในการตรวจสอบ เช่น การวัดขนาดและรูปร่าง การวัดความหนืด การวัดสีของผลิตภัณฑ์ ฯลฯ ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ต้องทำการควบคุมและตรวจสอบตั้งแต่วัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต จนกระทั่งออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ปัจจัยทางด้านสีนี้สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพ ความสดใหม่ของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตมานั้น เกิดความสมบูรณ์ของการผลิตหรือไม่ มากน้อยเพียงใด จนกระทั่งขั้นตอนการขนส่งและการเก็บรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสม สีที่มีลักษณะที่ดี คุณแล้วต้องเกิดความรู้สึกน่ารับประทานและมีความสม่ำเสมอในแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้เกิดความเชื่อถือและการยอมรับจากผู้บริโภค ในปัจจุบันการวัดสีในอุตสาหกรรมอาหาร นิยมใช้เครื่องวัดสีที่อาศัยหลักการการสะท้อนแสง (Minolta CR-300,Japan) ซึ่งเครื่องมือนี้นิยมใช้กับอาหารที่เป็นของแข็งและมีลักษณะทึบแสง ส่วนอาหารเหลวนิยมใช้เครื่องมือที่มีความเฉพาะ ซึ่งมีราคาสูง สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจ.ล. จึงได้มีการออกแบบภาชนะบรรจุตัวอย่างของเหลวชนิดโปร่งใส เพื่อนำมาประยุกต์ในการวัดสีด้วยเครื่องแบบสะท้อนแสงนี้

หลักการวัดสี

สีเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมอาหาร ผู้บริโภคมักเลือกบริโภคสินค้าโดยตัดสินใจจากลักษณะปรากฏโดยรวมทั้งหมดซึ่งรวมถึงสีของผลิตภัณฑ์ด้วยและสีมักสัมพันธ์กันกลิ่นรสของอาหารด้วยเสมอ ดังนั้นการประเมินและตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าปัจจัยอื่นๆที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสินค้า

การประเมินคุณลักษณะทางด้านสีของอาหาร

- เพื่อเป็นตัวตัดสินใจและสนับสนุนผลทางด้านคุณภาพขององค์ประกอบของสีของผลิตภัณฑ์อาหาร

- เพื่อเป็นการกำหนดสีของอาหารในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากผลของการเก็บรักษาผลจากการผ่านกระบวนการแปรรูป และจากปัจจัยอื่นๆ
- เพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้นในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพระดับสีในส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร
- เป็นการทดสอบทางด้านคุณภาพ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ความสอดคล้องกันตั้งแต่ตัววัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้ายซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุด

การประเมินค่าสีโดยใช้การมองเห็นด้วยสายตาของผู้ตรวจสอบเองนั้นก็สมารถทำได้ แต่มีข้อบกพร่องในเรื่องผลของการประเมินที่แปรปรวนไม่แน่นอน ดังนั้นจึงควรทำให้การประเมินทางด้านสีผลิตภัณฑ์น่าเชื่อถือมากกว่านี้ อาจทำได้โดยทางควบคุมความแปรปรวนของผลที่วัดได้ นั่นคือควบคุมแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องไปยังตัวผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีมีมาตรฐาน ความเข้มแสงของแหล่งกำเนิด มุมของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ ทิศทางแสงที่พุ่งเข้าสู่ตัวผลิตภัณฑ์ ทิศทางการมอง ระยะระหว่างตัวอย่างจนถึงหัวอ่านที่เป็นเซ็นเซอร์ และตัวผู้สังเกตเอง

การประเมินลักษณะปรากฏจากการมองเห็น (Insight on Color, 2000)

โดยปกติแล้วคนเราควรทำการประเมินความมันวาวจากการมองเห็นภายนอกในมุมการมองที่เท่าๆกัน คือ มุมที่แสงตกกระทบไปยังผิววัตถุควรเท่ากับมุมที่แสงสะท้อนกลับมา แสงสว่างควรส่องไปยังผิวส่วนบนของวัตถุ และควรทดสอบตัวอย่างจากมุม 45° นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอสำหรับเงื่อนไขการมองเห็นดังต่อไปนี้

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

คุณสมบัติทางด้านแสงของตัวอย่าง (Insight on Color, 2000)

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

วัตถุที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวัดสีและเกี่ยวข้องกับแสงนั้นแบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่

ก) วัตถุทึบแสงที่ไม่เป็นโลหะ (Opaque Nonmetal)

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

การสะท้อนแสงทั้งหมด (Total Reflection) = specular reflection + diffuse reflection

ข) วัตถุทึบแสงที่เป็นโลหะ (Opaque Metal)

เป็นวัตถุที่เป็นโลหะและไม่ยอมให้แสงทะลุผ่านได้ เช่น กระดาษอลูมิเนียม, ทองคำ หรือสิ่งของที่เคลือบด้วยตัวโลหะ วัตถุทึบแสงที่เป็นโลหะนี้คล้ายกับวัตถุทึบแสงที่ไม่เป็นโลหะ นั่นคือเกิดการสะท้อนแสง 2 ลักษณะ คือ การสะท้อนแสงแบบเสมือนและการสะท้อนแสงแบบกระจายแสง แต่พวกที่เป็นโลหะนี้มีความแวววาวมากกว่า โดยที่ความแวววาวของสีที่เห็นนี้มาจากการสะท้อนแสงแบบเสมือนนี้จะเกิดขึ้นมากกว่า ส่วนการสะท้อนแสงแบบกระจายแสงนั้นเกิดขึ้นในปริมาณน้อย ทั้งนี้เกิดจากความแตกต่างของบริเวณพื้นผิว ส่วนสีที่เราเห็นจากวัตถุชนิดนี้นั้นเกิดจากการสะท้อนแบบกระจายแสง

ค) วัตถุโปร่งใส (Transparent Materials)

วัตถุโปร่งใสนี้จะยอมให้แสงทะลุผ่านได้ในปริมาณมาก ซึ่งเราสามารถมองเห็นวัตถุอีกอย่างหนึ่งผ่านตัววัตถุโปร่งใสนี้ได้อย่างชัดเจน ไม่ว่าวัตถุชนิดนี้จะเป็นของแข็งหรือของเหลว เช่น กระจกใส หรือ น้ำ แสงส่วนหนึ่งที่สะท้อนแบบเสมือนนั้นจะทำให้เราเห็นความมันวาวที่ผิวของวัตถุ ส่วนแสงอีกส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านตัววัตถุนี้ การทะลุผ่านของแสงนี้จะมีทั้งแบบที่ทะลุผ่านเป็นเส้นตรงและทะลุผ่านตัววัตถุแบบกระจัดกระจาย สีที่เรามองเห็นจากวัตถุชนิดนี้เกิดจากการทะลุ

ผ่านของแสงเป็นเส้นตรง แต่ถ้าเกิดการทะลุผ่านของแสงแบบกระจัดกระจายในปริมาณมากจะทำให้เห็นวัตถุในลักษณะขุ่นมัว ไม่ชัดเจน หากเราต้องการวัดค่าสีของวัตถุนี้เราต้องทำการวัดค่าการผ่านทะลุของแสงทั้งหมด ถ้าหากต้องการวัดความแวววาวของตัววัตถุจะตัววัดค่าการสะท้อนแสงแบบเสมือน หรือต้องการวัดความขุ่นมัวของสีวัตถุก็วัดได้จากการผ่านทะลุของแสงแบบกระจัดกระจาย

ง) วัตถุโปร่งแสง (Translucent Materials)

วัตถุโปร่งแสงนี้เป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลว วัตถุเหล่านี้จะยอมให้แสงทะลุผ่านเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น แม้แสงที่ผ่านเข้าสู่วัตถุโปร่งแสง แต่ก็ไม่สามารถมองเห็นภาพของวัตถุอื่นๆผ่านวัตถุโปร่งแสงนี้ได้ชัดเจน ตัวอย่างของวัตถุชนิดนี้ ได้แก่ น้ำส้ม กระจกอย่างบาง ฯลฯ วัตถุชนิดนี้มีความขุ่นข้อน เนื่องจากการรวมลักษณะของวัตถุทึบแสงที่ไม่ใช่โลหะและวัตถุโปร่งใสเข้าด้วยกัน ความแวววาวจากวัตถุนี้เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์การสะท้อนแสงแบบกระจายแสง เมื่อแสงผ่านเข้าทางด้านหน้าของวัตถุ ส่วนการมองเห็นสีเกิดจากการทะลุผ่านของแสงแบบกระจัดกระจาย เมื่อแสงอยู่ทางด้านหลังของวัตถุ วัตถุโปร่งแสงนี้ได้สามารถทำการวัดสีได้โดยง่ายเนื่องจากอาจเกิดความแปรปรวนตามความหนาของวัตถุหรือพื้นหลังที่นำมาเป็นฉาก

การทะลุผ่านแสงทั้งหมด (total transmission) = regular transmission + diffuse transmission

ได้มีการทดลองเพื่อหาวิธีการวัดค่าสีที่ดีที่สุดของวัตถุโปร่งแสงในส่วนของ การสะท้อนแสง ดังนี้

- กำหนดความหนาและแสงที่ส่องผ่านให้แน่นอนและสม่ำเสมอ และอาจใช้เยื่อบางๆเพื่อทำให้วัตถุมีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงความทึบแสง
- พื้นหลังที่นำมาเป็นฉากควรเป็นสีขาว
- ปกคลุมตัวอย่างด้วยวัตถุสีดำ เพียงให้แสงผ่านเข้าไปในปริมาณน้อย
- ใช้พื้นที่เล็กๆในการให้แสงส่องสว่าง และใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ในการมองวัตถุ

เรื่องมืออุปกรณ์ (Insight on Color, 2000)

เรื่องมือที่ใช้วัดสี เป็นการวัดสีโดยตรงที่ให้ผลที่ถูกต้องตรงไปตรงมามากกว่าการวัดสีโดยใช้คน เนื่องจากคนที่เป็นผู้สังเกตนั้นอาจยังมีความอคติในการตัดสินบ้าง อีกทั้งเรื่องมือยังมีความแม่นยำมากกว่า ใช้เวลาในการวัดน้อยกว่า และยังมีข้อดีอื่นๆที่ทำให้ผลการวัดออกมาง่ายและเป็นมาตรฐาน เครื่องมือวัดสีที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหารมี 3 ประเภท คือ monochromatic colorimeter, tristimulus colorimeter และ spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ monochromatic colorimeter ทำการวัดโดยอาศัยการสะท้อนแสงในพื้นที่เล็กๆที่ประกอบด้วยสีแดง สีเขียว สีเหลือง หรือสีฟ้า เนื่องจากพื้นฐานของเครื่องชนิดนี้จะเห็นเพียงส่วนที่เป็นสีแดงทั้งหมด สีเขียวทั้งหมด สีฟ้าทั้งหมด หรือสีเหลืองทั้งหมด ดังนั้นจึงเกิดความผิดพลาดของผลที่วัดออกมาได้ง่าย เคยมีผู้ทดลองนำเครื่องชนิดนี้มาใช้ในการแยกความเป็นสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์อาหารเข้าจำพวกซีเรียลที่เกิดจากการอบ ปรากฏว่าเครื่องนี้ไม่สามารถแยกได้ว่าผลิตภัณฑ์เซerealใดที่มีความเป็นสีน้ำตาลแก่อ่อนกว่ากัน และระบุว่าผลิตภัณฑ์ทุกเซerealมีสีน้ำตาลเหมือนกัน นั่นคือเครื่องประเภทนี้ไม่สามารถแยกเฉดความแก่อ่อนของสีต่างๆได้ แต่ข้อดีของเครื่องนี้คือสามารถเห็นได้ในพื้นที่ที่กว้างประมาณช่วงรัศมี 3 นิ้ว และยังใช้ได้กับพวกที่มีผิวหน้าขรุขระ

สำหรับ tristimulus colorimeter ก็สามารถมองเห็นได้เป็นบริเวณกว้างและยังสามารถวัดได้ค่าสีที่แท้จริงที่สอดคล้องกับสีที่ตามนุษย์เห็น เครื่องนี้จะทำงานคล้ายตาและสมองที่ไวต่อค่าสีของมนุษย์ โดยการทำงานพร้อมกันของระจกชนิดพิเศษที่ใช้ในการกรองสีและตัวตรวจจับสี (light detector) ปกติแล้วตาของมนุษย์นั้นสามารถตรวจจับค่าสีได้มากกว่า 10 ล้านเฉดสี ซึ่งเครื่องนี้ก็สามารถมองเห็นเฉดสีมากใกล้เคียงกับตาของมนุษย์ เนื่องจากสามารถตรวจจับได้ในบริเวณกว้าง อีกทั้งยังมีระบบการวัดสีที่เชื่อมโยงในการวัดผิวของตัวอย่างที่ขรุขระ เช่น ผลิตภัณฑ์พวกซีเรียลขนมขบเคี้ยวที่มีผิวขรุขระ เส้นพาสต้า เส้นบะหมี่ ฯลฯ

ส่วน spectrophotometer เช่นเดียวกับเครื่อง tristimulus colorimeter ก็ยังสามารถวัดได้สีที่แท้จริงแต่มีหลักการการทำงานที่แตกต่างกันออกไป คือจะทำการวัดโดยให้แสงผ่านเข้าแท่งสเปกตรัมไปตกกระทบและสะท้อนจากตัวอย่าง และใช้ตารางทางคณิตศาสตร์ที่ทำหน้าที่เหมือนตามนุษย์ที่เพิ่มความไว อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็น color output ของแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันออกไป จากนั้นก็นำมาคำนวณและประมวลผลออกมา เครื่อง spectrophotometer นี้มีความแม่นยำมากกว่าเครื่อง tristimulus colorimeter ค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเครื่องทั้งสองที่กล่าวมาแล้ว แต่เครื่องชนิดนี้ไม่สามารถวัดได้ในบริเวณที่กว้างเท่ากับแบบ tristimulus colorimeter ดังนั้นจึงใช้วัดได้สีที่ตัวอย่างที่มีผิวไม่ขรุขระมากนัก แต่เครื่องมือชนิดนี้ใช้วัดตัวอย่างที่เป็นของเหลวได้ดี

การเตรียมตัวอย่าง (Insight on Color, 2000)

ตัวอย่างอุดมคติเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะที่ทำให้ค่าการวัดสีเกิดความแน่นอนและแม่นยำซึ่งมีลักษณะ ทึบแสง มีรูปร่างที่แน่นอน มีผิวเรียบตลอดทั้งตัววัตถุ มีความเป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกชั้น และอย่างน้อยที่สุดควรมีขนาดใหญ่กว่าส่วนที่ใช้ยึดจับของตัวเครื่องเล็กน้อย และไม่ควรเป็น photochromic ซึ่งทำให้สีเปลี่ยนแปลงตามค่าของแสง และ thermochromic ซึ่งทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความร้อน ตัวอย่างที่เลือกมาจะต้องเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เป็นอย่างดีโดยมีลักษณะที่ปรากฏบนตัวผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนหลักในตัวอย่งที่นำมาใช้วัดด้วย อีกทั้งตัวอย่างควรมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างอุดมคติมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ส่วนตัวอย่างที่จะนำมาวัดการสะท้อนแสงนั้น จะต้องไม่ทึบแสงอาจทำได้โดยใช้กระเบื้องสีขาวเป็นฉากในการวัดเพื่อช่วยในเรื่องการสะท้อนของแสง ส่วนตัวอย่างที่เป็นวัตถุที่ไม่ทึบแสงอยู่แล้วก็สามารถนำมาวัดการสะท้อนแสงได้เลย ตัวอย่างที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงหรือเป็นเม็ดขนาดเล็ก อาจต้องบดให้ผงนั้นมีขนาดและรูปร่างที่แน่นอนเสียก่อน แต่ถ้าเป็นตัวอย่างที่เป็นของแข็งที่ขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน เช่น พวกสิ่งทอทั้งหลาย ในกรณีเช่นนี้จะต้องแบ่งส่วนที่เหมือนหรือคล้ายกันนำมาวัดด้วยกัน หรืออาจวัดบริเวณที่เป็นส่วนหลักของตัวอย่งนั้น ส่วนตัวอย่างที่มีผิวไม่เรียบเสมอกันตลอด อาจทำโดยกดอัดให้ตัวอย่างเรียบเสียก่อนและวัดบริเวณนั้นหรืออาจกดอัดลงใน pellet (กรณีที่เป็นผง) แต่ถ้าตัวอย่างมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันอาจทำโดยคนให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการวัด

วิธีการนำเสนอตัวอย่าง

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

แนวทางในการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ใช้ได้ผลมากที่สุด ตัวอย่างควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

- การเตรียมและการวัดนั้นมีหลายขั้นตอน จึงควรตรวจสอบแต่ละขั้นอย่างรอบครอบ
- เมื่อตัวอย่างมีหลากหลายควรทำการวัดและเปรียบเทียบ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของพารามิเตอร์ทั้งหมดว่ามีความสัมพันธ์สิ่งๆที่เตรียมมาอย่างไร
- ควรทำการวัดในบริเวณที่สะอาด มีอากาศถ่ายเทที่ดี และมีแสงจากธรรมชาติส่องเข้ามาให้มากที่สุด หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีไอก๊าซพิษและฝุ่น เนื่องจากจะเกิดการเข้าไปสะสมในส่วนประกอบต่างๆของเครื่องมือได้และทำให้เครื่องมือเสื่อมประสิทธิภาพหรือชำรุดไปในที่สุด
- ใช้พื้นที่การมองที่ใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- วัดหลายๆครั้งในแต่ละตัวอย่างและทำการหาค่าเฉลี่ยจากค่าที่อ่านได้
- หลีกเลี่ยงการวัดในบริเวณที่เป็นจุดบกดพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของ Colorimeter และ Spectrophotometer (Insight on Color, 2000)

เป็นที่ทราบกันดีว่าชนิดของเครื่องมือ มีผลต่อการวัดสีและมีความสำคัญในการเลือกใช้ให้เหมาะสมในเทอมของ colorimeter และ spectrophotometer อาจก่อให้เกิดความสับสน ดังนั้นจึงมีการแยกแยะความแตกต่างโดยสังเขปของเครื่องทั้งตามตารางข้างล่างนี้ อย่างไรก็ตามเครื่องทั้งสองประเภทนี้มีช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการมองเห็นเหมือนกันคือประมาณ 400-700 นาโนเมตร (Hunter Lab, 2004)

Colorimeter	Spectrophotometer
<ul style="list-style-type: none"> ● เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ทางกายภาพโดยการวัดที่ได้ก่อนข้างสัมพันธ์กับการมองเห็นของตาและสมองมนุษย์ ส่วนข้อมูลที่อ่านได้จะประมวลผลออกมาในค่าของ XYZ , L-a-b ฯลฯ ● ส่วนประกอบของเครื่อง ได้แก่ sensor และ simple data processor ● ควรใช้กับแหล่งรวมแสงเพียงแหล่งเดียว ที่มีค่า $2^{\circ}/C$ ● สามารถแยกช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง โดยใช้ tristimulus absorption filter ● มีประสิทธิภาพน้อยกว่าเครื่องแบบ spectrophotometer 	<ul style="list-style-type: none"> ● เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ทางกายภาพ โดยใช้ความยาวคลื่นของสเปกตรัมในการวิเคราะห์ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นด้วยตาของมนุษย์แต่อย่างใด อีกทั้งยังมีระบบคำนวณที่ชาญฉลาดในการประมวลผลออกมาเป็นข้อมูล ● ส่วนประกอบของเครื่อง ได้แก่ sensor ที่มีส่วนของ data processor หรือ software ● สามารถใช้ได้กับแหล่งรวมแสงที่หลากหลายซึ่งเครื่องมือโปรแกรมคำนวณรองรับอยู่ ● สามารถแยกแยะช่วงความยาวคลื่นในบริเวณแคบได้ โดยใช้ปริซึม ตะแกรงที่มีช่องขนาดเล็ก หรือตัวกรอง ● มีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องแบบ colorimeter เนื่องจากการทำงานที่ซับซ้อนกว่า ● ใช้การคำนวณค่าสี ใช้ได้ดีแม้แหล่งรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<ul style="list-style-type: none"> ● ใช้ดีในงานที่เปรียบเทียบสีที่คล้ายกันและยังใช้ดีกับการปรับสีที่แตกต่างกันภายใต้เงื่อนไขที่ต่อเนื่อง อีกทั้งยังเหมาะสมมากในงานตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียด ● ตัวอย่างของ colorimeter ได้แก่ HunterLab D25-SERIES instrument 	<p>แหล่งจะแปรปรวน เหมาะกับการใช้งานทั้งการวัดอย่างละเอียดและงานวิจัยและพัฒนา (R&D)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ตัวอย่างของ spectrophotometer ได้แก่ HunterLab color QUEST, LabScan, MiniScan, UltraScan
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ปัจจัยที่ทำให้เกิดสี แบ่งเป็น 3 ประการ

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

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

2.6.3 ผู้สังเกต (observer) ผู้สังเกตนั้นมีผลต่อการบรรยายสีที่มองเห็นอย่างยิ่ง ผู้สังเกตต่างคนจะบรรยายลักษณะสีต่างกันขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของตาละคน ในร่างกายคนจะมีเซลล์อยู่ 2 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับการรับสี คือ เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปโคน เซลล์รูปแท่งจะตอบสนองได้ดีกับการมองเห็นที่เกี่ยวกับความมืดสว่าง ส่วนเซลล์รูปโคนจะตอบสนองต่อที่มองเห็น

จากหลักการพื้นฐานเรื่องสีข้างต้น จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการวัดสีที่มีมาตรฐานและลดความไม่เป็นกลางเนื่องจากปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสงและผู้สังเกตการณ์ องค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสี คือ Commission International de l'Eclairage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(CIE) หรือชื่อในอังกฤษว่า International Commission on Illumination (<http://www.cie.co.at/cie/>)องค์กรนี้ได้กำหนดมาตรฐานการวัดสีที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการวิชาการและการวิจัย คือ ระบบ CIE Lab scale ในระยะแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีที่เป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีเขียว (Green) สีแดง (Red) และสีน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงความมืด – สว่าง ของสีได้ CIE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีเขียว สีแดง และความสว่าง(lightness) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ ระบบ L*-a*-b* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L* จะแสดงถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า +L* แสดงถึงสีขาว จนถึง -L* แสดงถึงสีดำ แกน a* จะบรรยายถึงแกนจากสีเขียว (-a*) จนไปถึงสีแดง (+a*) ส่วนแกน b* จะบรรยายถึงแกนจากสีน้ำเงิน (-b*) จนไปถึงสีเหลือง (+b*) ลักษณะการบรรยายสีของ CIE แสดงได้ดังรูป 2.9 และ 2.10

นอกจากนี้บริษัท Hunter Lab จะใช้สเกล L-a-b บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ L*-a*-b* ของ CIE ข้อแตกต่างระหว่างระบบสีของ CIE และ Hunter Lab คือสูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง L*-a*-b* และ L-a-b ล้วนมีพื้นฐานการคำนวณมาจากระบบ X-Y-Z ทั้งสิ้น

โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง(Lightness)

$$L = 0 = \text{perfect black sample}$$

$$L = 100 = \text{perfect white sample}$$

a* ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว

a เป็น+ วัดมุมสีออกแดง

a เป็น- วัดมุมสีเขียว

b* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเหลือง

b เป็น+ วัดมุมสีออกเหลือง

b เป็น - วัดมุมสีออกน้ำเงิน

$$\text{ซึ่ง } L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

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

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

โดยที่ X_n, Y_n, Z_n คือค่า Tristimulus Value ของ Reference white ภายใต้ Illuminant หนึ่ง เช่น D65 ($Y_n = 100$ เสมอ ส่วน $X/X_n, Y/Y_n$ และ Z/Z_n จะมีค่ามากกว่า 0.01)

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

Hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่ามีสีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $h^* = \tan^{-1})$

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

ถ้า $h^* = 0^\circ$ แสดงว่าเป็น สีแดง

$h^* = 90^\circ$ แสดงว่าเป็น สีเหลือง

$h^* = 180^\circ$ แสดงว่าเป็น สีเขียว

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

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

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

การใช้เซลดั้ววัดสีของอาหารเหลวโปร่งแสงและโปร่งใส

วิธีการใช้และทำความสะอาดภาชนะบรรจุอาหารเหลวโปร่งใสเพื่อวัดสีด้วยเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง (Minolta CR-300, Japan)

วิธีการใช้มีดังต่อไปนี้

1. ใส่กระเบื้องสีขาว ($L = 90.6$, $chroma = 3.21$, $hue = 88.4$) ลงในช่องใส่กระเบื้องที่ได้ออกแบบไว้เพื่อใช้ทำเป็นฉาก
2. บรรจุตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสที่ต้องการทราบค่าสี (L , $chroma$, hue) ลงในช่องสำหรับใส่ตัวอย่างจนเต็ม ซึ่งอยู่ด้านหน้าของกระเบื้องสีใช้ทำเป็นฉาก
หมายเหตุ ระดับความเข้มข้นของตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสที่ใช้ อาจแตกต่างกัน ไปขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน
3. ทำการวัดค่าสีโดยนำหัววัดของเครื่องวัดสีแบบสะท้อนแสง วางติดในแนวระนาบกับผิวสัมผัสกับภาชนะ
4. กดปุ่มวัดสี
5. บันทึกผลค่า L ค่า $chroma$ และค่า hue โดยการวัด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย
6. ในกรณีที่ตัวอย่างอาหารเหลวโปร่งใสมีมากกว่า 1 ชนิด และมีระดับความเข้มข้นหลายระดับ ให้ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนตั้งอย่างอาหารเหลวโปร่งใสและระดับความเข้มข้นจนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทำความสะอาด

1. นำกระเบื้องออกจากช่องสำหรับใส่กระเบื้อง แล้วทำความสะอาดด้วยแปรงที่จุ่มน้ำยาทำความสะอาด เพื่อขจัดคราบสีที่ติดอยู่กับผิวกระเบื้อง
2. ใช้แปรงจุ่มน้ำยาทำความสะอาด ทำความสะอาดบริเวณช่องที่ใช้บรรจุกระเบื้องและตัวอย่างอาหารเหลว โปร่งใส
3. ล้างด้วยน้ำสะอาด
4. เช็ดและผึ่งให้แห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์สมการพหุนาม

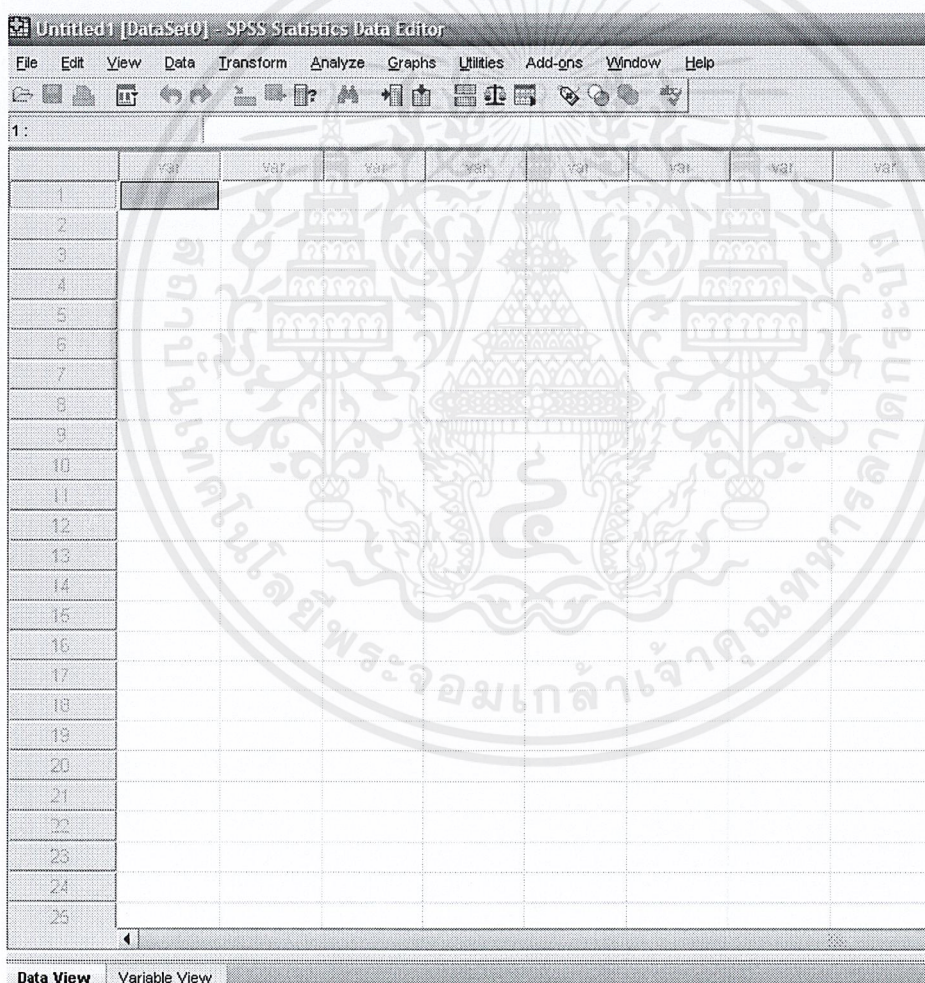
1. หน้าต่างของ SPSS

1.1 Data editor

เปิดโปรแกรม Start > program > SPSS > SPSS for window

หน้าต่างของ Data editor ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

- Data View คือ หน้าต่างที่จะทำการกรอกข้อมูลลงไป
- Variable View คือ หน้าต่างที่ทำการกำหนดชื่อตัวแปรตัวละตัว



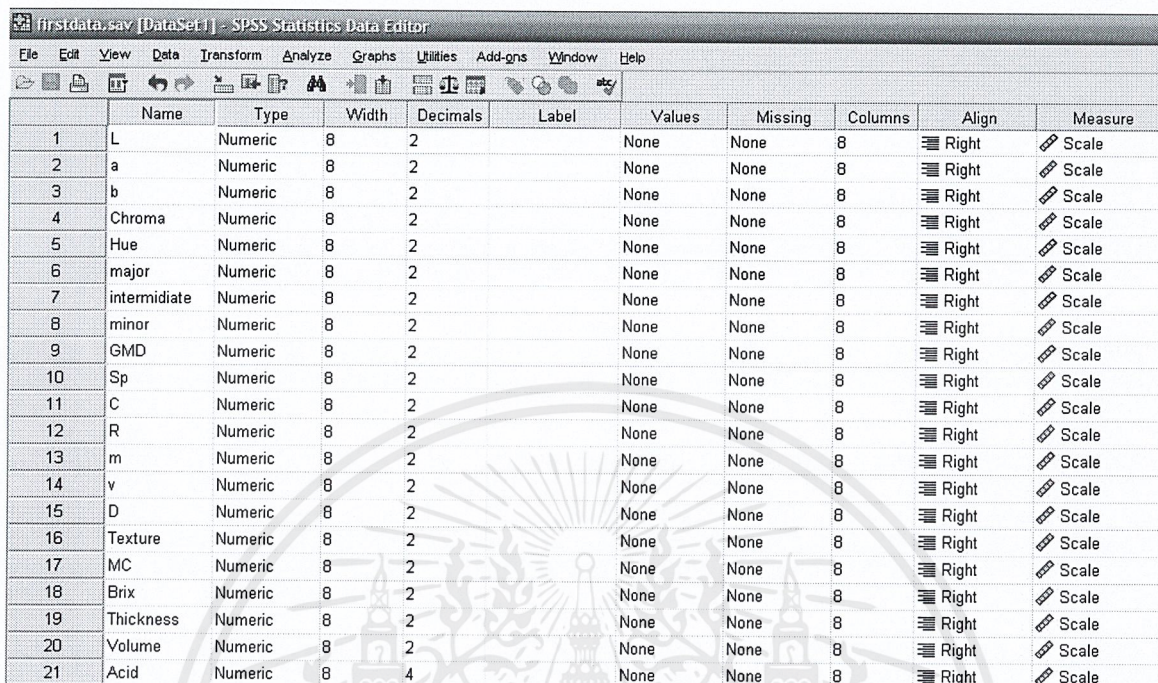
ภาพที่ ข1 แสดงภาพ Data View และ Variable View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างVariable View เป็นหน้าต่างสำหรับการกำหนดชื่อและชนิดลักษณะของตัวแปรแต่ละตัว โดยแต่ละ column ในหน้าต่างนี้จะเป็นชื่อและลักษณะต่างๆของตัวแปรแต่ละตัว(ตัวแปรแต่ละตัวจะปรากฏในแต่ละแถว เช่น แถวที่ชื่อชื่อและข้อมูลของตัวแปรตัวที่1)

1. **'Name*** คือชื่อของตัวแปรหรือสัญลักษณ์แทนตัวแปรนั้นๆ ความยาวไม่เกิน7-10 ตัวอักษร(ขึ้นอยู่กับversion) โดยชื่อนี้จะไปปรากฏเป็น columnชื่อในหน้าต่างData Viewเช่น ID SEX AGE EDU SAT
2. **'Type*** คือชนิดของตัวแปรที่สำคัญคือNumericเป็นข้อมูลตัวเลข ,Stringเป็นข้อมูลตัวอักษร
3. **'Width'**คือความกว้างของตัวแปรหรือจำนวนอักขระหรืออักษรที่ต้องการใส่ให้กับ 'Value'
4. **'Decimals'** คือจำนวนทศนิยม
5. **'Labels'** คือคำอธิบายตัวแปรหรือชื่อเต็มของตัวแปรนั้นๆ
6. **'Values*** คือเป็นการกำหนดค่าให้กับตัวแปรเช่น ตัวแปร'เพศ'กำหนดให้ 'เพศชาย'มีค่าเท่ากับ1 'เพศหญิง' มีค่าเท่ากับ 2 เป็นต้น
7. **'Missing'** คือ ค่าของข้อมูลเมื่อผู้ตอบแบบสอบถามไม่ได้ตอบในคำถามข้อนั้น
8. **'Column'** เป็นการกำหนดความกว้างของคอลัมภ์ โดยปกติจะกำหนดให้กว้างกว่าความกว้างของตัวแปร
9. **'Align'** เป็นการกำหนดลักษณะการวางข้อมูลว่าจะให้อยู่ชิดซ้าย กลาง ขวา
10. **'Measure'**เป็นการบ่งบอกว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลแบบใด Scale ,Ordinal ,Nominal

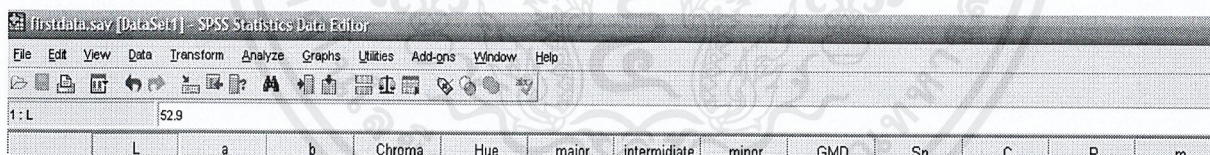
การกำหนดตัวแปรในหน้าต่าง Variable View



	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	L	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
2	a	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
3	b	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
4	Chroma	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
5	Hue	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
6	major	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
7	intermediate	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
8	minor	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
9	GMD	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
10	Sp	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
11	C	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
12	R	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
13	m	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
14	v	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
15	D	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
16	Texture	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
17	MC	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
18	Brix	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
19	Thickness	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
20	Volume	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
21	Acid	Numeric	8	4		None	None	8	Right	Scale

ภาพที่ ข2 การกำหนดตัวแปรในหน้าต่าง Variable View

หน้าต่างของ Data View



1 : L	52.9													
	L	a	b	Chroma	Hue	major	intermediate	minor	GMD	Sp	C	R	m	

ภาพที่ ข3 ตัวแปรในหน้าต่าง Data View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การประมวลผลสถิติเชิงพรรณนาใน SPSS

SPSS : Analyze > Descriptive Statistics > Descriptive

The screenshot shows the SPSS Statistics Data Editor interface. The menu path is: Analyze > Descriptive Statistics > Descriptive. The data table has columns L and a, and rows 1-12. The menu options are:

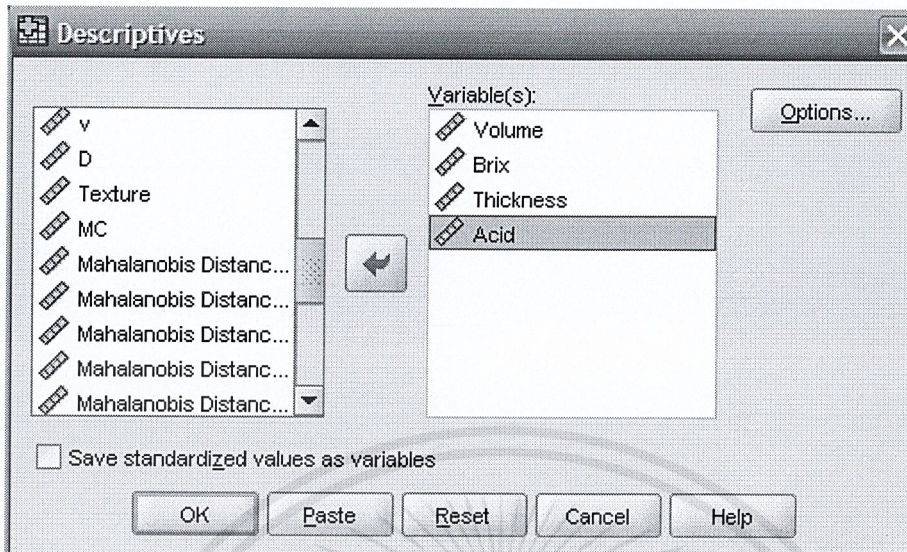
- 123 Frequencies...
- Descriptives...
- Explore...
- Crosstabs...
- Ratio...
- P-P Plots...
- Q-Q Plots...

	L	a	major	intermediate	
1	58.19	-	17.00	14.10	
2	58.45	-	16.20	13.80	
3	59.64	-	16.70	13.90	
4	58.56	-	16.10	13.20	
5	57.45	-	17.20	13.00	
6	59.85	-	108.83	16.40	14.30
7	57.59	-	110.13	16.00	14.00
8	60.50	-	107.57	17.70	13.40
9	59.79	-	110.73	16.10	13.40
10	57.05	-	112.87	16.40	14.50
11	60.61	-	106.83	15.00	13.30
12	58.15	-	112.37	16.30	13.20

ภาพที่ ข4 การประมวลผลทางสถิติ

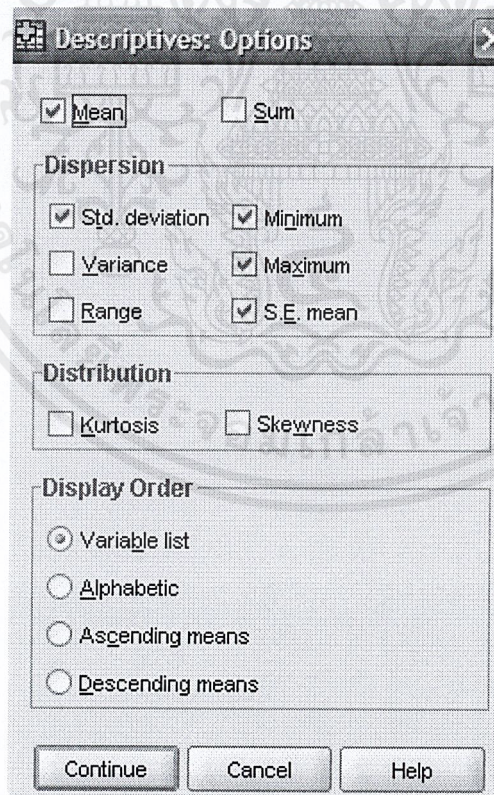
เลือกตัวแปรที่จะหาค่าพื้นฐานเชิงสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข5 การเลือกตัวแปรพื้นฐาน

จะมีค่าพื้นฐานทางสถิติให้เลือกดังนี้

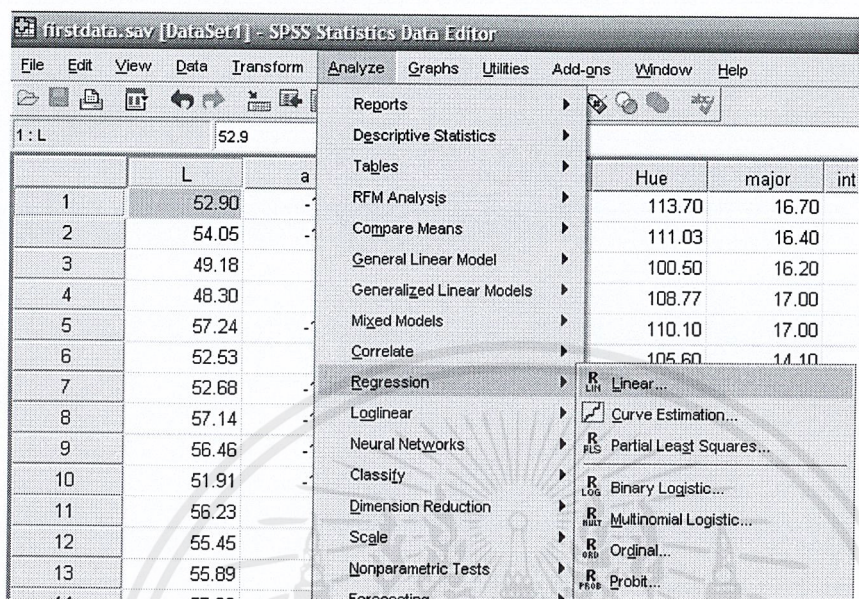


ภาพที่ ข6 การเลือกค่าพื้นฐานทางสถิติที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การสร้างสมการการถดถอยพหุคูณ

SPSS : Analyze> Regression > Linear



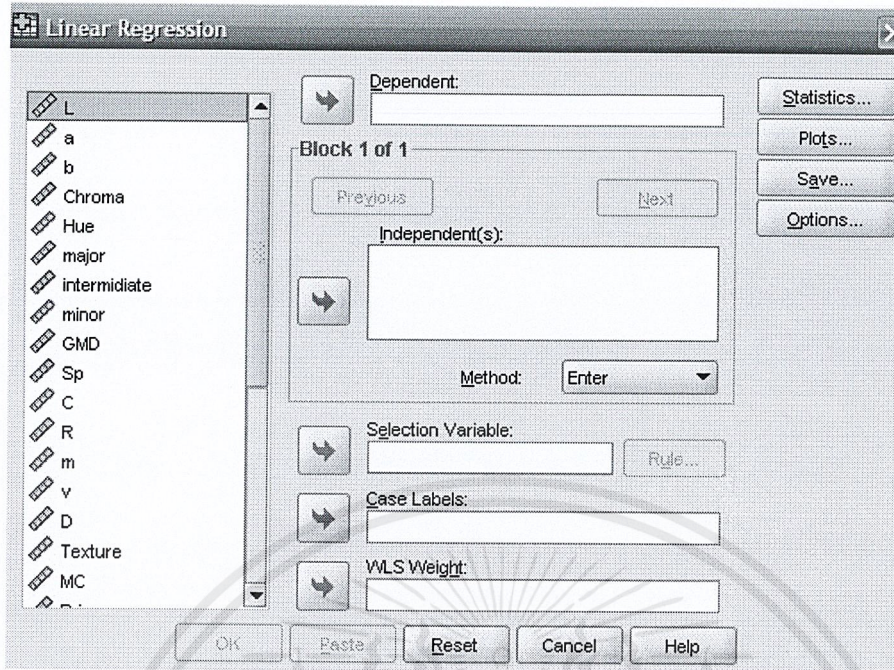
ภาพที่ ข7 การสร้างสมการการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น

เลือกตัวแปรตามใส่ในช่อง Dependent

เลือกตัวแปรอิสระใส่ในช่อง Independent

วิธีที่เลือกคือ Enter คือการนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้าสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข8 การกำหนดตัวแปรต้นตัวแปรตาม

หน้าต่างของ Output จะแสดงผลตามค่าที่เราต้องการให้แสดง

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
1						
	(Constant)	137.767	43.694		3.153	.003
	L	-.050	.039	-.147	-1.273	.208
	a	.084	.346	.209	.243	.809
	b	-.410	.732	-1.626	-.561	.577
	Chroma	.333	.801	1.278	.416	.679
	Hue	.028	.051	.122	.546	.587
	major	-3.762	1.630	-4.322	-2.309	.025
	intermediate	1.819	.973	1.665	1.870	.067
	minor	1.846	.983	1.702	1.878	.066
	Sp	-97.157	45.230	-4.181	-2.148	.036
	C	.011	.033	.035	.341	.734
	R	.015	.024	.069	.625	.535
	m	.020	.008	4.571	2.535	.014
	v	-.016	.007	-4.340	-2.200	.032
	D	-35.687	13.418	-2.097	-2.660	.010
	Texture	-1.887E-5	.000	-.042	-.351	.727
	MC	-.023	.019	-.152	-1.205	.234

a. Dependent Variable: Brix

ภาพที่ ข9 ตารางแสดงผลการคำนวณในหน้าโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้