สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญตาราง	ช
สารบาญภาพ	ซ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก สูตรที่ใช้คำนวณทางสถิติของ NIR	76
ภาคผนวก ข ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	80
ประวัติผู้เขียน	87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วเหลืองพันธุ์อายุเก็บเกี่ยวปานกลาง	5
2.2	ปริมาณโปรตีนของถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ	10
2.3	ตำแหน่งแถบในสเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดที่สำคัญ	15
2.4	ปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการใช้เทคนิค NIR	28
2.5	แนวทางการอธิบายความสามารถของสมการเทียบมาตรฐานด้วยค่า RPD	32
2.6	การอธิบายความสามารถของสมการทำนายด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)	32
4.1	ข้อมูลทางสถิติของตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้น และกลุ่มทดสอบสมการของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน	41
4.2	ผลของสมการเทียบมาตรฐานของปริมาณความชื้น ด้วยเทคนิค PLSR	43
4.3	ข้อมูลทางสถิติของตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐานปริมาณโปรตีน และ กลุ่มทดสอบสมการของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง	46
4.4	สมการเทียบมาตรฐานปริมาณโปรตีนของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง สร้างจากข้อมูลสเปกตรัมแปลงข้อมูลด้วย MSC, 2^{nd} derivative และ MSC – 2^{nd} derivative	47
4.5	ข้อมูลทางสถิติของตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐานปริมาณไขมัน และ กลุ่มทดสอบสมการของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง	50
4.6	สมการเทียบมาตรฐานปริมาณไขมันของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง สร้างจากข้อมูลสเปกตรัมแปลงข้อมูลด้วย MSC, 2^{nd} derivative และ MSC – 2^{nd} derivative	52
4.7	ข้อมูลทางสถิติของตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ความงอก และ กลุ่มทดสอบสมการของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง	55
4.8	สมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง สร้างจากข้อมูลสเปกตรัมแปลงข้อมูลด้วย MSC, 2^{nd} derivative และ MSC – 2^{nd} derivative	56
4.9	ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน	59

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง	8
2.2	ลักษณะการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง	9
2.3	ภาพวาดเครื่องมือที่ Sir William Herschel ใช้ขณะค้นพบรังสีอินฟราเรด	13
2.4	ตำแหน่งรังสีเนียร์อินฟราเรดในแถบสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า	14
2.5	การเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานการสั่น	17
2.6	การเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานการสั่นแบบโอเวอร์โทนของโมเลกุลที่ดูดกลืนรังสีเนียร์อินฟราเรดตามกฎการสั่นแบบแอนฮาร์โมนิก	20
2.7	เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนในแถบโอเวอร์โทนอันดับต่างๆ	21
2.8	อุปกรณ์ใส่ตัวอย่างสำหรับเมล็ดธัญพืช	23
2.9	อุปกรณ์ใส่ตัวอย่างแบบผง	24
2.10	อุปกรณ์ใส่ตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายแป้งเปียก	24
2.11	อุปกรณ์ใส่ตัวอย่างสำหรับของเหลว	25
2.12	อุปกรณ์วางผลไม้	26
2.13	อุปกรณ์วางเมล็ดเดี่ยว	27
4.1	สเปกตรัมดั้งเดิมของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 เดือน	40
4.2	สเปกตรัมของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ที่แปลงข้อมูลด้วย MSC – 2^{nd} derivative ของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้น	42
4.3	สัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60	44
4.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีและค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ (a) ตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการ และ (b) ตัวอย่างในกลุ่มทดสอบสมการ	45
4.5	สเปกตรัมของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แปลงข้อมูลด้วย 2^{nd} derivative ของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณโปรตีน	46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.6	สัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณโปรตีนของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60	48
4.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีและค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ (a) ตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการและ (b) ตัวอย่างในกลุ่มทดสอบสมการ	49
4.8	สเปกตรัมของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แปลงข้อมูลด้วย 2^{nd} derivative ของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณไขมัน	51
4.9	สัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณไขมันของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60	53
4.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีและค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ (a) ตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการและ (b) ตัวอย่างในกลุ่มทดสอบสมการ	54
4.11	สเปกตรัมของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แปลงข้อมูลด้วย MSC - 2^{nd} derivative ของสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ความงอก	55
4.12	สัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60	57
4.13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้จากการเพาะเมล็ดและค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ (a) ตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการและ (b) ตัวอย่างในกลุ่มทดสอบสมการ	58
4.14	ค่าเฉลี่ยของความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน	60
4.15	ค่าของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน	61
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความงอกกับระยะเวลาในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60	62

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับระยะเวลาในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60	63
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันกับระยะเวลาในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60	64
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่	65
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่	66

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

IR	Infrared radiation
NIR	Near infrared
MID	Middle infrared
FIR	Far infrared
NIRS	Near infrared spectroscopy
PLSR	Partial least squares regression
R	Correlation coefficient
R^2	Coefficient of determination
SEC	Standard error of calibration
SEP	Standard error of prediction
RPD	Ratio of standard deviation of reference data in validation set to SEP
F	Number of factors used in the calibration equation
Bias	Average of difference between actual value and NIR value
*	Indicates significant difference at 95% confidence
ns	Means no significant difference at 95% confidence
X	Independent variables
Y	Dependent variables
2^{nd} derivative	Second derivative
MSC	Multiplicative scatter correction
CM 60	Chiang Mai 60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved