

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
อักษรย่อ	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไบเตย	4
2.1.1 สารหอมหลักจากไบเตย	4
2.1.2 การสังเคราะห์สาร 2-Acetyl-1-Pyrroline	6
2.2 ข้าว	7
2.2.1 ข้าวหอมมะลิ	10
2.2.2 สารหอมหลักในข้าวหอมมะลิ	10
2.3 การสกัดสารให้กลิ่น	10
2.3.1 การหีบหรือการอัด (pressing)	11
2.3.2 การกลั่น (distillation)	11
2.3.3 การสกัด (extraction)	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 การสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง (simultaneous steam distillation and extraction: SDE)	13
2.4 กระบวนการห่อหุ้ม (Encapsulation)	13
2.4.1 วิธีการที่ใช้ในการทำแอนแคปซูลเลชัน	14
2.4.2 วัสดุห่อหุ้ม (wall material)	16
2.4.2.1 มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin)	16
2.4.2.2 กัมอคาเซีย (gum acacia)	17
2.4.2.3 สตาร์ช (starch)	17
2.4.2.4 โปรตีน (protein)	18
2.5 บรรจุภัณฑ์	20
2.6 ฟลูอิดไดซ์เซชัน	21
2.7 การวิเคราะห์สีระบบ CIE L* a* b*	23
2.8 การวิเคราะห์ความหนืดของแป้งข้าวโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความหนืด อย่างรวดเร็ว (Rapid Visco Analyser: RVA)	25
2.9 Adsorption Isotherm	28
2.9.1 กิจกรรมของน้ำ (water activity, a_w)	28
2.9.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ moisture sorption isotherms	32
2.9.3 ความสำคัญของซอร์พชันไอโซเทิร์มต่อเสถียรภาพของอาหาร	34
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	39
3.1 วัสดุคิบ	39
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	39
3.3 สารเคมี	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีการทดลอง	41
ตอนที่ 1 ศึกษาวัสดุห่อหุ้มในการทำแอนแคปซูลเลขชั้นสารสกัดจากใบเตย และผลของอุณหภูมิทำแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันต่อปริมาณ สาร ACPY ในผลิตภัณฑ์ข้าวขาวเคลือบสารหอมจากใบเตย	41
1.1 สกัดสารหอมจากใบเตยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ	41
1.2 ศึกษาวัสดุห่อหุ้มในการทำแอนแคปซูลเลขชั้นสารสกัดจากใบเตย และอุณหภูมิทำแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชัน	41
1.2.1 วิธีเตรียมสารห่อหุ้ม	41
1.2.2 วิธีห่อหุ้มสารสกัดจากใบเตยด้วยสารห่อหุ้ม	42
1.2.3 เคลือบผิวข้าวขาวด้วยสารห่อหุ้มสารสกัดจากใบเตย	42
1.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	43
ตอนที่ 2 ศึกษาผลของสภาวะในการเก็บรักษาข้าวขาวที่ผ่านการเคลือบ ด้วยสารสกัดจากใบเตยต่ออัตราการการลดลงของปริมาณสารหอม ACPY	44
ตอนที่ 3 ศึกษา Adsorption Isotherm ของผลิตภัณฑ์ข้าวเคลือบสารห่อหุ้ม สารสกัดจากใบเตย	44
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	46
4.1 ศึกษาวัสดุห่อหุ้มและอุณหภูมิทำแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เซชันที่ เหมาะสมในการผลิตข้าวขาวเคลือบสารสกัดจากใบเตย	46
4.1.1 การผลิตข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยที่ผ่านการห่อหุ้มด้วย วัสดุห่อหุ้ม 4 ชนิด	46
4.1.2 การตรวจวัดปริมาณสารหอมที่เคลือบอยู่บนข้าว	49
4.1.3 ผลของอุณหภูมิการทำแห้งและวัสดุห่อหุ้มที่มีต่อปริมาณสาร ACPY	51
4.1.4 สมบัติด้านสีของข้าวเคลือบสารห่อหุ้มสารสกัดจากใบเตย	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.5 สมบัติเชิงความหนืดของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยด้วยเครื่อง วิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว	61
4.1.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	65
4.2 ศึกษาผลของสภาวะในการเก็บรักษาข้าวขาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารสกัด จากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้มที่เหมาะสมต่ออัตราการการลดลงของปริมาณ สารหอม ACPY	67
4.3 ศึกษา adsorption isotherm ของผลิตภัณฑ์ข้าวเคลือบสารห่อหุ้มสารสกัด จากใบเตย	73
4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของข้าวกับความชื้น สัมพัทธ์ของสภาวะบรรยากาศ	73
4.3.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อไอโซเทิร์มการดูดซับความชื้น	75
4.3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมต่อ ไอโซเทิร์มการดูดซับ ความชื้น	75
4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสมการของ BET และ GAB	94
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	96
5.1 สรุปผลการทดลอง	96
5.2 ข้อเสนอแนะ	98
เอกสารอ้างอิง	99
ภาคผนวก	110
ภาคผนวก ก เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	111
ภาคผนวก ข วิธีการทดลอง	118
ภาคผนวก ค แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส	126
ภาคผนวก ง ผลการทดลอง	128
ประวัติผู้เขียน	137

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	33
2.1	33
4.1	63
4.2	69
4.3	77
4.4	79
4.5	124
ข.1	125
ข.2	130
ง.1	131
ง.2.1	132
ง.2.2	133
ง.2.3	134
ง.3.1	

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ง.3.2 Analysis of Variance ของความแตกต่างด้านความหอมของข้าวเคลือบสารสกัดจาก ใบเตยที่หุงสุกเปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105)	134
ง.4.1 ค่า %Reduction of Peak area ratio ACPY/TMP จากเริ่มต้นของข้าวเคลือบสารสกัด จากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดคส์ตรินและอคาเซียกัมที่เก็บรักษาในสภาวะการ บรรจุแบบต่างๆเป็นระยะเวลา 100 วัน	135
ง.4.2 ค่า %Remaining of Peak area ratio ACPY/TMP จากเริ่มต้นของข้าวเคลือบสารสกัด จากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยมอลโตเดคส์ตรินและอคาเซียกัมที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุ แบบต่างๆเป็นระยะเวลา 100 วัน	136

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
2.1 ไบเดย	4
2.2 โครงสร้างของสารประกอบ 2-Acetyl-1-Pyrroline	5
2.3 โครมาโตแกรมที่ได้จากสารสกัดจากไบเดยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ	6
2.4 การตั้งเคราะห์สาร 2-Acetyl-1-Pyrroline	7
2.5 ภาพข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวขาว	8
2.6 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว	8
2.7 Top-spray fluidized bed	15
2.8 แสดง โครงสร้างมอดโตเคกซ์ตริน	17
2.9 ลักษณะของเคลื่อนที่ของของแข็งภายในเบดด้วยวิธีการฟลูอิดไดซ์เซชัน	22
2.10 แผนภาพสีแสดง value chroma และ hue	23
2.11 CIE Lab แสดง L*, a*, b* color space	24
2.12 เครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว	26
2.13 ลักษณะเส้นกราฟที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว	27
2.14 sorption isotherms	31
2.15 monolayer และ multilayer adsorption	31
2.16 isotherms ประเภทต่างๆของอาหาร	32
2.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากิจกรรมของน้ำ ปริมาณความชื้น และอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของอาหาร	36
2.18 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่ค่ากิจกรรมของน้ำต่างๆ	37
4.19 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวชัชนาที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเคลือบผิว และข้าวเคลือบสารสกัดจากไบเดยที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้ม MD/AG ที่อุณหภูมิทำแห้ง 45°C	48
4.20 โครมาโทแกรมสารประกอบ ACPY และ 2,6-DMP ของข้าวชัชนาที่ไม่การเคลือบ และข้าวเคลือบสารสกัดจากไบเดยที่ห่อหุ้มด้วย MD/AG และทำแห้งที่อุณหภูมิ 45°C	50
4.21 HS-GC-NPD โครมาโทแกรมของสาร ACPY และ 2,6-DMP ของข้าวเคลือบสารสกัดจากไบเดยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้ม 4 ชนิด ที่อุณหภูมิการทำแห้ง 3 ระดับ	54

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.22 ผลของวัสดุห่อหุ้ม และอุณหภูมิการทำแห้งที่มีต่อปริมาณสาร 2-Acetyl-1-pyrroline	55
4.23 ค่าความสว่างของข้าวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้มทั้ง 4 ชนิด และทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับเปรียบเทียบกับข้าวชุดควบคุม ข้าวขาวชัยนาทที่ไม่ผ่านกระบวนการเคลือบผิว และข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML)	57
4.24 ค่า a* แสดงค่าสีแดงของข้าวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้มทั้ง 4 ชนิด และทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับเปรียบเทียบกับข้าวชุดควบคุม ข้าวขาวชัยนาทที่ไม่ผ่านกระบวนการเคลือบผิว และข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML)	59
4.25 ค่า b* แสดงค่าสีเหลืองของข้าวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้มทั้ง 4 ชนิด และทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับเปรียบเทียบกับข้าวชุดควบคุม ข้าวขาวชัยนาทที่ไม่ผ่านกระบวนการเคลือบผิว และข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML)	60
4.26 ลักษณะเส้นกราฟจาก RVA ของข้าวที่ผ่านกระบวนการเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้ม 4 ชนิด ทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับเปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวขาวชัยนาทที่ไม่ผ่านกระบวนการเคลือบผิว	64
4.27 ปริมาณสาร ACPY ของข้าวขาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุห่อหุ้มทั้ง 4 ชนิดและทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 3 ระดับ	65
4.28 แก๊สโครมาโทแกรมของสารประกอบ ACPY และสารมาตรฐานภายใน TMP	68
4.29 กราฟร้อยละของสาร ACPY ที่เหลืออยู่ของของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยที่ห่อหุ้มด้วยมอดโตเดกซ์ตรินและอคาเซียกัม เมื่อเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆเป็นระยะเวลา 100 วัน	72
4.30 กราฟไอโซเทอร์มการดูดซับความชื้นของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยสารผสมระหว่างมอดโตเดกซ์ตรินและอคาเซียกัม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 10, 30 และ 50°C	74
4.31 ซอร์พชันไอโซเทอร์มของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin	81

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.32 ซอร์พชัน ไอโซเทิร์มของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin	82
4.33 ซอร์พชัน ไอโซเทิร์มของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50°C จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin	83
4.34 ซอร์พชัน ไอโซเทิร์มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin	84
4.35 ซอร์พชัน ไอโซเทิร์มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin	85
4.36 ซอร์พชัน ไอโซเทิร์มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50°C จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin	86
4.37 Residual Plot ไอโซเทิร์มการดูดซับของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยจากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 10°C	88
4.38 Residual Plot ไอโซเทิร์มการดูดซับของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยจากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 30°C	89
4.39 Residual Plot ไอโซเทิร์มการดูดซับของข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยจากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 50°C	90

สารบัญภาพ(ต่อ)

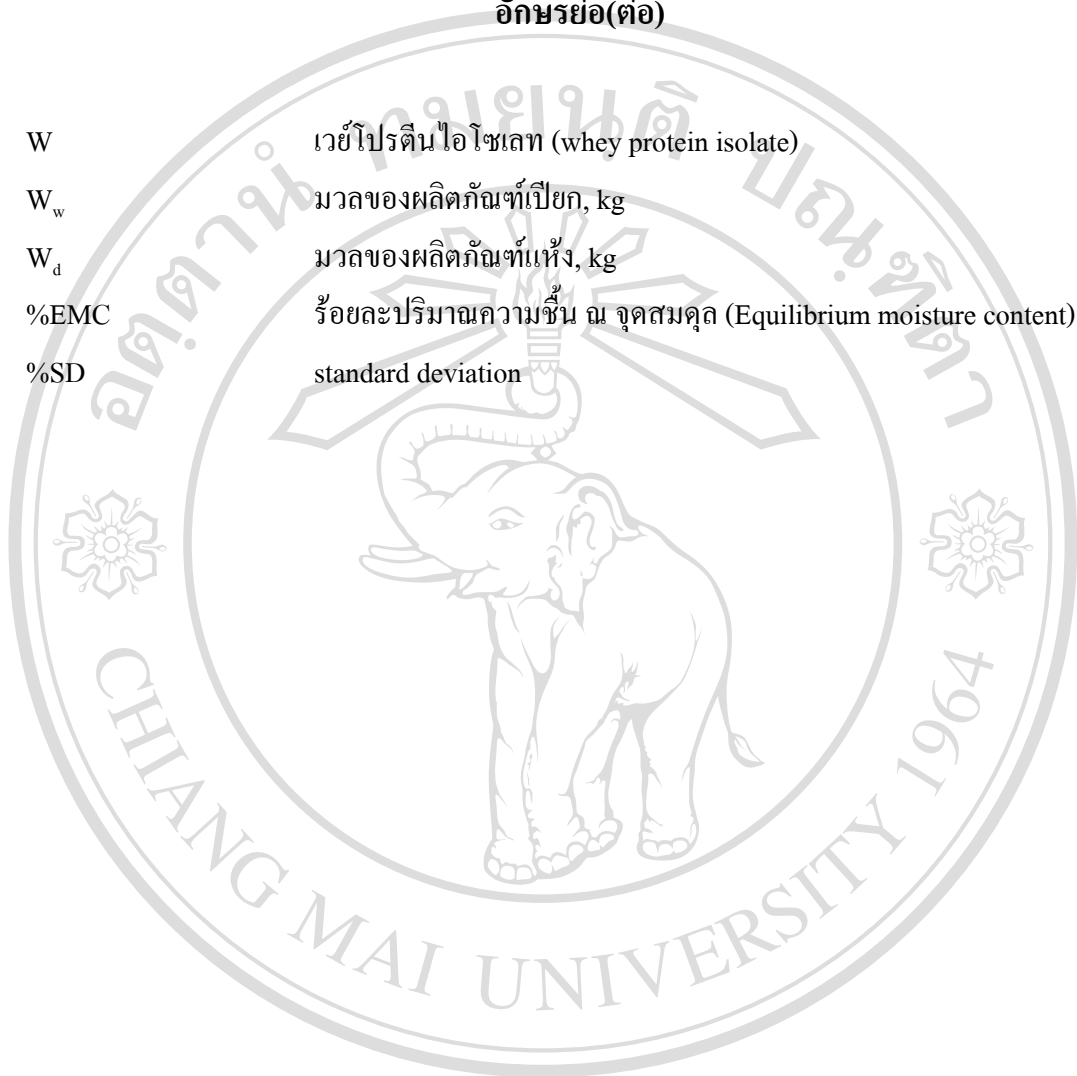
ภาพ	หน้า
4.40 Residual Plot ไอโซเทอร์มการดูดซับของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 10°C	91
4.41 Residual Plot ไอโซเทอร์มการดูดซับของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 30°C	92
4.42 Residual Plot ไอโซเทอร์มการดูดซับของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากสมการของ BET, GAB, Modified Chung-Pfost, Modified Halsey, Modified Henderson และ Modified Oswin ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 50°C	93
ก.1 การสกัดสารหอมจากใบเตยด้วยชุดกลั่นด้วยไอน้ำ	112
ก.2 เครื่องวัดความหนืด	112
ก.3 ชุดหัวฉีดละอองฝอย และปั๊มลมแรงดันสูง	113
ก.4 เครื่องอบแห้งฟลูอิด ไคซ์เบด (Fluid-bed dryer)	113
ก.5 การทำแห้งข้าวเคลือบสารสกัดจากใบเตยด้วย Fluid-bed dryer	114
ก.6 Head space Gas chromatography with Nitrogen phosphorus detector (HS-GC-NPD)	114
ก.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ	115
ก.8 เครื่องวัดสี	115
ก.9 บรรจุกัมภ์ แบบลามิเนทพลาสติก และอลูมิเนียมฟอยล์	116
ก.10 เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ	116
ก.11 การเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว	117
ก.12 โพลีกราฟการศึกษา adsorption isotherm	117
ข.1 กราฟความหนืดจากการวัดด้วยเครื่อง RVA	122
ง.1 สารสกัดจากใบเตย	129
ง.2 วัสดุห่อหุ้ม	129

อักษรย่อ

a	ค่าคงที่ของไอโซเทิร์มการดูดซับ
a_w	กิจกรรมของน้ำ (water activity)
AG	อคาเซียกัม (acacia gum)
b	ค่าคงที่ของไอโซเทิร์มการดูดซับ
C	ค่าคงที่ของไอโซเทิร์มการดูดซับ
df	Degree of freedom
DMP	2,6-Dimethylpyridine
K	ค่าคงที่ของไอโซเทิร์มการดูดซับ
KDML	ข้าวดอกมะลิ Khao Dawk Mali
Nylon/LLDPE	พลาสติกประกอบชนิด (Nylon/ Linear low density polyethylene)
LLDPE/PET/Al-PE	พลาสติกประกอบชนิด (Linear low density polyethylene/polyethylene terephthalate/aluminum-polyethylene)
M	ปริมาณความชื้น (moisture content)
M_c	ปริมาณความชื้นจากการทดลอง (moisture content : experiment)
M_p	ปริมาณความชื้นจากการทำนาย (moisture content : predicted value)
MD	มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin)
MRE	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยเป็นร้อยละ (mean relative error)
M_0	ปริมาณความชื้นบริเวณผิวชั้นแรก (monolayer moisture content)
N	จำนวนชุดข้อมูล (number of experimental data)
R^2	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficients of determination)
RS	แป้งข้าว (rice starch)
RSS	residual sum of square
SB	ซอร์บิทอล (sorbitol)
SEE	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error of estimate)
T	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
TMP	2,4,6-Trimethylpyridine

อักษรย่อ(ต่อ)

W	เวย์โปรตีน ไอโซเลท (whey protein isolate)
W_w	มวลของผลิตภัณฑ์เปียก, kg
W_d	มวลของผลิตภัณฑ์แห้ง, kg
%EMC	ร้อยละปริมาณความชื้น ณ จุดสมดุล (Equilibrium moisture content)
%SD	standard deviation



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved