

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ญ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า	33
บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย	46
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์	59
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	77
เอกสารอ้างอิง	79
ภาคผนวก	82
ประวัติผู้เขียน	124

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างสารมลพิษทางน้ำ	17
2.2 Material Classification and Indices for Screw Conveyors	23
3.1 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องลอกเมือกกาแฟแบบต่างๆ	33
5.1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า ที่ความเร็วรอบต่างๆ	61
5.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก	63
5.3 ผลการทดลองการลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองวิธี	67
5.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกจากทั้งสองวิธี	69
5.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารกาแฟด้วยวิธีการชิม (cup test)	72
5.6 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตทั้งสองวิธี	73
5.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการลอกเมือกกาแฟทั้งสองวิธี	75
ก.1 ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าก่อนการลอกเมือกที่ทำการสูมวัด 100 เมล็ด	83
ก.2 ขนาดของแรงเฉือนที่กระทำกับเมล็ดกาแฟอาราบิก้า สัมพันธ์กับระยะ การเคลื่อนที่ของหัวกดเครื่อง Texture analysers รุ่น TA-XT2I	87

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ผลกาแฟอาราบิก้าสุกแก่พร้อมทำการเก็บเกี่ยว	4
2.2 โครงสร้างของกาแฟอาราบิก้า	4
2.3 กาแฟอาราบิก้าที่มีเมือกหุ้มอยู่และกาแฟอาราบิก้าที่ทำการลอกเมือกแล้ว	9
2.4 เครื่องลอกเมือกกาแฟแบบ Cafepro	10
2.5 เครื่องลอกเมือกกาแฟแบบ Hess Washer ชนิด Standard type (a) และ Twin screw type (b)	11
2.6 เครื่องลอกเมือกกาแฟแบบ Haes Washer	11
2.7 เครื่องลอกเมือกกาแฟแบบ Aquapulper	12
2.8 การเตรียมวิเคราะห์คุณภาพสารกาแฟด้วยวิธีการชิม (cup test)	14
2.9 ปริมาณการผลิตที่มากกว่าค่า N' ในแผนภูมิเป็นส่วนของผลกำไร ($R > C$) และปริมาณการผลิตที่น้อยกว่า N' ในแผนภูมิเป็นส่วนของการขาดทุน ($R < C$)	29
3.1 เครื่อง Texture analysers รุ่น TA-XT2I	34
3.2 หัวกดเมล็ดกาแฟ ทำมุมเอียงกับแนวราบ 52°	34
3.3 การวัดขนาดเมล็ดกาแฟอาราบิก้า	35
3.4 ภาพตัดแบบเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า	36
3.5 ชุดห้องสกรูล้ำเสียง, ห้องลอกเมือกกาแฟ, ห้องกาแฟออก	38
3.6 แกนเพลลาเครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า	38
3.7 ประกอบส่วนต่างๆของเครื่องเข้าด้วยกัน	39
3.8 ประกอบชุดครอบและติดตั้งมอเตอร์	39
3.9 เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้าพร้อมทำการทดสอบ	40
3.10 การป้อนเมล็ดกาแฟเข้าเครื่อง	40
3.11 กราฟแสดงค่าแรงเฉือนที่ทำให้เมือกกาแฟฉีกขาด	44
3.12 กราฟแสดงค่าแรงเฉือนเฉลี่ยที่ทำให้เมือกกาแฟฉีกขาด	44
3.13 กราฟแสดงค่าแรงเฉือนที่ทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการแตกหัก	45
3.14 กราฟแสดงค่าแรงเฉือนเฉลี่ยที่ทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการแตกหัก	45
4.1 ปรับความเร็วรอบของเครื่องและเตรียมการทดลอง	52
4.2 เครื่องวัดความเร็วรอบและเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า	52
4.3 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล พิกัด 2 กิโลกรัม และพิกัด 100 กิโลกรัม	53

รูปที่	หน้า
4.4 นาฬิกาจับเวลาและเวอร์เนียคาลิปเปอร์ดิจิตอล	53
4.5 แผ่นเทียบสีมาตรฐาน (Color chart)	54
4.6 เครื่องวัดความชื้นอินฟราเรด Kett F-14	54
4.7 บ่อหมักกาแฟ	55
5.1 การลอกเมือกกาแฟด้วยวิธีหมักธรรมชาติ	70
5.2 หมักกาแฟระยะเวลา 10 ชม.	70
5.3 หมักกาแฟระยะเวลา 20 ชม.	70
5.4 หมักกาแฟระยะเวลา 30 ชม.	70
5.5 ลอกเมือกกาแฟและล้างทำความสะอาด	70
5.6 การลอกเมือกกาแฟด้วยวิธีใช้เครื่องลอกเมือกกาแฟอาราบิก้า	71
5.7 เมือกกาแฟออกด้านข้างผนังห้องลอกเมือก	71
5.8 ภายในห้องลอกเมือกกาแฟ	71
5.9 สิ่งตกค้างปะปนกับเมล็ดกาแฟที่ได้	71
5.10 วิเคราะห์คุณภาพเมล็ดกาแฟที่ได้จากทั้ง 2 วิธี	71
ง.1 เมล็ดกาแฟสุกเต็มที่พร้อมทำการเก็บเกี่ยว	120
ง.2 ปอกเปลือกนอกผลกาแฟ ได้เมล็ดกาแฟพร้อมเมือก	120
ง.3 ลอกเมือกเมล็ดกาแฟ	120
ง.4 เมล็ดกาแฟที่ผ่านการลอกเมือกนำไปทำการลดความชื้น	121
ง.5 การพลิกกลับเมล็ดกาแฟช่วยให้เมล็ดกาแฟแห้งอย่างสม่ำเสมอ	121
ง.6 กาแฟที่ตากแห้งจะมีเปลือกชั้นในหุ้มอยู่	121
ง.7 เครื่องสีเปลือกชั้นใน (กะลา) กาแฟ	122
ง.8 สารกาแฟที่ได้	122
ง.9 การคั่วกาแฟ	122
ง.10 การบดสารกาแฟได้สารกาแฟคั่วบด	123
ง.11 ชงสารกาแฟคั่วบดด้วยน้ำร้อน	123
ง.12 วิเคราะห์คุณภาพสารกาแฟด้วยวิธีการชิม (cup test)	123

สัญลักษณ์และคำย่อ

- P_1 = กำลังขับเคลื่อนขดลวดลำเลียง, วัตต์
 P_2 = กำลังที่ต้องการในการลำเลียงเมล็ดกาแฟขึ้นตั้งแต่ห้องลอมเมือกจนกระทั่งออกจากเครื่อง, วัตต์
 F_2 = แรงยกเมล็ดกาแฟขึ้น, นิวตัน
 V_2 = อัตราการเคลื่อนที่ของเมล็ดกาแฟ, เมตร/วินาที
 π = ค่าคงที่ 3.14
 D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางห้องลอมเมือกกาแฟและห้องกาแฟออก, เมตร
 d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางแกนเพลลา, เมตร
 h_2 = ความสูงห้องลอมเมือกกาแฟและห้องกาแฟออก, เมตร
 τ = ความเค้นเฉือน (shear stress), นิวตัน/ตารางเมตร
 F = แรงเฉือน (shear force), นิวตัน
 A = พื้นที่หน้าตัดที่ขนานกับแรงเฉือน (Area), ตารางเมตร
 T = โมเมนต์บิดหรือแรงบิด (torque), นิวตัน×เมตร
 J = ค่า Polar Moment of Inertia ของพื้นที่หน้าตัด, เมตร⁴
 r = รัศมีของแกนเพลลา, เมตร
 D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพลลา, เมตร
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพลลา, เมตร
 P = กำลังขับเคลื่อนเพลลา, วัตต์
 BOD = ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand), มิลลิกรัม/ลิตร (mg/l)
 SS = ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids), มิลลิกรัม/ลิตร (mg/l)
 TDS = ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids), มิลลิกรัม/ลิตร (mg/l)
 pH = ค่าความเป็นกรดและด่าง
 P_f = ราคาบ่อหมักกาแฟ, บาท
 L_f = ราคาขายบ่อหมักกาแฟเมื่อหมดอายุการใช้งาน, บาท
 N_f = อายุการใช้งานของบ่อหมักกาแฟ, ปี
 i = อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำของสถาบันการเงิน ณ เวลาที่ศึกษา

สัญลักษณ์และคำย่อ

X_f	= จำนวนแรงงานที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่อครั้ง, คน/ครั้ง
Y_f	= จำนวนครั้งของการหมักกาแฟต่อปี, ครั้ง/ปี
B_f	= ค่าจ้างแรงงานต่อคน, บาท/คน
W_f	= ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต, ลบ.ม./ก.ก.
Q_f	= จำนวนกาแฟอาราบิก้าที่ทำการลอกเปลือกต่อครั้ง, ก.ก./ครั้ง
P_w	= ค่าน้ำ, บาท/ลบ.ม.
P_m	= ราคาเครื่องลอกเปลือกกาแฟอาราบิก้า, บาท
L_m	= ราคาขายเครื่องมือหมดอายุการใช้งาน, บาท
N_m	= อายุการใช้งานของเครื่อง, ปี
X_m	= จำนวนแรงงานที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่อวัน, คน/วัน
Y_m	= จำนวนวันของการปฏิบัติงานต่อปี, วัน/ปี
B_m	= ค่าจ้างแรงงานต่อคน, บาท/คน
W_m	= ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต, ลบ.ม./ก.ก.
M_m	= ความสามารถในการทำงานของเครื่อง, ก.ก./ชม.
T_m	= จำนวนชั่วโมงในการปฏิบัติงาน, ชม./วัน
A_m	= จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ในการปฏิบัติงาน, กิโลวัตต์×ชม./วัน
U_m	= ค่าไฟฟ้า, บาท/กิโลวัตต์×ชม.
R	= รายรับ, บาท/ปี
C	= ต้นทุนค่าใช้จ่าย, บาท/ปี