สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
หน้าสรุปโครงการ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มันสำปะหลัง	3
2.2 ความรู้เบื้องต้นและความสำคัญของแป้ง	19
2.3 แป้งมันสำปะหลัง	20
2.4 คุณสมบัติของแป้ง	21
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปริมาณแป้ง	23
2.6 หลักการพื้นฐานของตัวเก็บประจุ	24
2.7 การวัดปริมาณทางไฟฟ้า	27
2.8 การวัดปริมาณแป้งโดยวิธี Riemann scale balance	30
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1 ออกแบบหัวโพรบ	33
3.2 ออกแบบวงจรและระบบวัด	34
3.3 ทดสอบวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดกับ ค่าไดอิเล็กทริก	35
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล	
4.1 ออกแบบโพรบ	37
4.2 ออกแบบวงจรและระบบวัด	50
4.3 ทดสอบวัดความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง และความหนาของหัวมันสำปะหลังสดที่ มีต่อค่าความต้านทานไฟฟ้า	51
4.4 ทดสอบวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดกับ คุณสมบัติทางไฟฟ้า	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	63
Output ที่ได้จากงานวิจัย	65
ภาคผนวก	66

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ชนิดของเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการออกแบบ 33

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของดินในแปลงทดลอง 53

ตารางที่ 4.2 เส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาว และน้ำหนักของมันสำปะหลัง
สายพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 54

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ทางสัณฐานของขนาดและน้ำหนักของมันสำปะหลัง 54

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและพารามิเตอร์ของมันสำปะหลังสด 54

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน ฉ
ภาพที่ 1.2 วงจรและระบบทดสอบค่าความต้านทานของหัวมันสำปะหลัง ช
ภาพที่ 1.3 วงจรจ่ายกระแสคงที่แบบ Howland ช
ภาพที่ 1.4 ระบบการวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังโดยใช้หัวโพรบที่ได้ทำการพัฒนา ช
ภาพที่ 1.5 กระบวนการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสัณฐานของหัวมันสำปะหลังสด กับปริมาณแป้ง ปริมาณน้ำ และคุณสมบัติทางไฟฟ้า ฌ
ภาพที่ 1.6 การวัดแบบ Riemann scale balance ญ
ภาพที่ 2.1 ลักษณะลำต้นและกิ่งของมันสำปะหลัง 5
ภาพที่ 2.2 การแตกกิ่งครั้งแรกเรียกว่า primary branch ส่วนครั้งที่สองเรียกว่า secondary branch 6
ภาพที่ 2.3 ความแตกต่างของสีลำต้นขึ้นอยู่กับพันธ์ 6
ภาพที่ 2.4 ลำต้นของมันสำปะหลังประกอบด้วย epidermis cortex และ pith 7
ภาพที่ 2.5 รอยแผลเป็นของก้านใบ (Leaf scar) และระยะห่างระหว่าง Leaf scar เรียกว่า Storey length 7
ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบของใบมันสำปะหลัง 8
ภาพที่ 2.7 รูปร่างของใบมันสำปะหลัง 9
ภาพที่ 2.8 รูปร่างใบมันสำปะหลัง ใบหอก (lanceolate) และใบไวโอลีน (pandurate) 9
ภาพที่ 2.9 ลักษณะการมีขน 9
ภาพที่ 2.10 ดอกมันสำปะหลัง 10
ภาพที่ 2.11 ดอกตัวผู้ของมันสำปะหลัง 11
ภาพที่ 2.12 ดอกตัวเมียของมันสำปะหลัง 11
ภาพที่ 2.13 เปรียบเทียบดอกตัวเมียกับดอกตัวผู้ของมันสำปะหลัง 12
ภาพที่ 2.14 ผลมันสำปะหลังเป็นแบบ capsule อาจจะเรียบหรือขรุขระ ภายในผลจะประกอบด้วย 3 locule 13
ภาพที่ 2.15 ผลมันสำปะหลังจะแตกเมื่อผลแก่เต็มที่ 13
ภาพที่ 2.16 เมล็ดมันสำปะหลังมีสีน้ำตาลลายดำ หรือสีเทา คล้ายกับเมล็ดละหุ่งแต่เล็กกว่า 13
ภาพที่ 2.17 ลักษณะรากของมันสำปะหลัง 15
ภาพที่ 2.18 การลงหัวไปในดินของมันสำปะหลัง 15
ภาพที่ 2.19 ลักษณะรูปทรงของหัวมันสำปะหลัง 16
ภาพที่ 2.20 ภาพตัดขวางของหัวมันสำปะหลัง 16
ภาพที่ 2.21 สีของหัวมันสำปะหลัง 16
ภาพที่ 2.22 ระบบเซ็นเซอร์ที่อาศัยหลักการการตอบสนองต่อสนามไฟฟ้า 24
ภาพที่ 2.23 การเกิดโพลาไรเซชันในรูปแบบต่างๆ 26
ภาพที่ 2.24 ไดอะแกรมอย่างง่ายของโพรบแบบ 2 ขั้ว 27
ภาพที่ 2.25 ไดอะแกรมอย่างง่ายของโพรบแบบ 4 ขั้ว 27

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2.26 อิมพีแดนซ์ (Z) ที่ประกอบด้วยส่วนจริง (R) และส่วนจินตภาพ (X) 28
ภาพที่ 2.27 การเชื่อมต่อแบบอนุกรมและขนานของตัวประกอบส่วนจริง (R) และ ส่วนจินตภาพ (X) 28
ภาพที่ 2.28 วิธีการวัดโดยใช้อิเล็กโทรดแบบแผ่นขนาน 29
ภาพที่ 2.29 ไดอิเล็กทริกโพรบ (16451B) 29
ภาพที่ 2.30 การแยกลำแสงออกเป็นแถบโดยใช้แท่งปริซึม 30
ภาพที่ 2.31 การวัดแบบ Riemann scale balance 31
ภาพที่ 3.1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 32
ภาพที่ 3.2 วงจรและระบบทดสอบค่าความต้านทานของหัวมันสำปะหลัง 34
ภาพที่ 3.3 วงจรจ่ายกระแสคงที่แบบ Howland 34
ภาพที่ 3.4 ระบบการวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังโดยใช้หัวโพรบที่ได้ทำการพัฒนา 34
ภาพที่ 3.5 กระบวนการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสัณฐานของหัวมันสำปะหลังสด กับปริมาณแป้ง ปริมาณน้ำ และคุณสมบัติทางไฟฟ้า 35
ภาพที่ 3.6 การวัดแบบ Riemann scale balance 36
ภาพที่ 4.1 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าของ Parallel Circle plate แบบ 2 ขั้ว 37
ภาพที่ 4.2 ทิศทางของสนามไฟฟ้าของโครงสร้างแบบแผ่นขนานกลม 38
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของหัวมันสำปะหลังกับความหนาและ รัศมีของหัว 39
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของหัวมันสำปะหลังกับความหนาและรัศมี ของหัวมันสำปะหลังในรูปแบบสามมิติ 39
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับค่าความจุไฟฟ้าของโครงสร้างแบบแผ่นขนาน วงกลมเมื่อกำหนดให้ Dielectric constant เท่ากับ 4 และค่าสภาพความนำไฟฟ้า เท่ากับ 1 mS/m 40
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีกับค่าความจุไฟฟ้าของโครงสร้างแบบแผ่นขนานวงกลม เมื่อกำหนดให้ Dielectric constant เท่ากับ 4 และค่าสภาพความนำไฟฟ้าเท่ากับ 1 mS/m 40
ภาพที่ 4.7 ทิศทางของสนามไฟฟ้าของโครงสร้างแบบแผ่นขนานวงแหวน 41
ภาพที่ 4.8 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าของโพรบแบบแผ่นขนานทรงกระบอกกลมชนิด 2 ขั้ว 41
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของมันสำปะหลัง กับกระแสไฟฟ้าและ ความต้านทาน 42
ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของหัวมันสำปะหลัง กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน 42
ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของมันสำปะหลัง และความหนาของ มันสำปะหลังที่มีต่อความต้านทาน 43

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของหัวมันสำปะหลัง และความหนาของมันสำปะหลังที่มีต่อความต้านทานไฟฟ้า (3 มิติ) 44
ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับค่าความจุไฟฟ้าของโครงสร้างแบบแผ่นขนานทรง กระบอกกลมเมื่อกำหนดให้ Dielectric constant เท่ากับ 4 และค่าสภาพความนำไฟฟ้าเท่ากับ 1 mS/m 45
ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับค่าความจุไฟฟ้าของโครงสร้างแบบแผ่นขนานทรง กระบอกกลมเมื่อกำหนดให้ Dielectric constant เท่ากับ 4 และค่าสภาพความนำไฟฟ้าเท่ากับ 1 mS/m 45
ภาพที่ 4.15 โครงสร้างโพรบแบบอินเตอร์ดิจิตอล 46
ภาพที่ 4.16 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าของโพรบแบบอินเตอร์ดิจิตอลโพรบแบบอินเตอร์ดิจิตอล 46
ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับค่าความจุไฟฟ้าของโครงสร้างแบบอินเตอร์ดิจิตอล เมื่อกำหนดให้ Dielectric constant เท่ากับ 4 47
ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของโครงสร้างแบบอินเตอร์ดิจิตอล เมื่อกำหนดให้มันสำปะหลังมีความหนาเท่ากับ 6 มิลลิเมตร 47
ภาพที่ 4.19 โครงสร้างโพรบแบบไมโครสตริปสี่เหลี่ยม 48
ภาพที่ 4.20 การตอบสนองต่อความถี่ที่ไดอิเล็กทริกค่าต่างๆ 48
ภาพที่ 4.21 การตอบสนองต่อความถี่ที่ค่าสภาพนำไฟฟ้าต่าง ๆ 49
ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตกับความต้านทานของน้ำที่ค่าความต้านทานโหลดต่างๆ 50
ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของหัวมันสำปะหลังสดสายพันธุ์เกษตรศาสตร์อายุ 1 ปีกับค่าความต้านทานไฟฟ้า 51
ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของหัวมันสำปะหลังสดสายพันธุ์เกษตรศาสตร์อายุ 1 ปีกับค่าความต้านทานไฟฟ้า 52
ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 56
ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและปริมาณน้ำในหัวมันสำปะหลัง 56
ภาพที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กทริกกับความถี่ 57
ภาพที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเก็บประจุขนานกับความถี่ 58
ภาพที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์กับความถี่ 58
ภาพที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์กับ |X|/frequency 59
ภาพที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับจำนวนคลื่น 60