สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	46
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	86
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	102
เอกสารอ้างอิง	103
ภาคผนวก	113
ประวัติผู้เขียน	169

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่อความดันไอและความแตกต่างของความดันไอที่ barometric pressure	12
2.2	ปริมาณและชนิดของกรดอินทรีย์ในผลไม้บางชนิด	21
2.3	กลุ่มของผักและผลไม้ที่ผลิตเอทิลีนในอัตราส่วนต่างๆ กัน	24
4.1	ค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ exponential ของอัตราการดูดกลืนเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษชนิดต่างๆ	61
4.2	ค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ exponential ของอัตราการดูดกลืนเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	การหาความหนาแน่นเฉลี่ยของกล้วยหอมทองที่นำมาทดลอง	125
2	ค่าความหนืดของของผสมระหว่างดินสอพองและน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ	127
3	ระยะเวลาในการอบตัวอย่างของแต่ละกรรมวิธี	128
4	ค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ Exponential ของอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด	129
5	ค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการ Exponential ของอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีต่างๆ	130
6	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด	131
7	ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ในการผลิตสารดูดกลืนเอทิลีนต่อปริมาณก๊าซเอทิลีนที่เหลืออยู่ในระยะเวลาต่างๆ	135
8	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่บรรจุในถุงกระดาษชนิดต่างๆ	145
9	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นและสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด	147
10	คุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของกระดาษที่ใช้ทดลองทำบรรจุภัณฑ์	149
11	เปอร์เซ็นต์ผลสุกต่อหวีของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	150
12	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	150
13	ค่า L* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	151
14	ค่า a* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	151

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
15	ค่า b* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	152
16	ค่า chroma ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	152
17	ค่า hue angle ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	153
18	ความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	153
19	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	154
20	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	154

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะต้นและการแตกกอของกล้วย	4
2.2	ส่วนประกอบของปลี ดอกตัวผู้ และดอกย่อยของกล้วย	6
2.3	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพระหว่างการแก่และการสุกของกล้วย	7
2.4	การเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของกล้วยตามระยะความแก่	9
2.5	ผลของความแตกต่างของความดันไอต่อการสูญเสียน้ำของแอปเปิลพันธุ์ Golden Delicious และพันธุ์ Jonathan	12
2.6	การสูญเสียน้ำและคะแนนการแตกของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองผลอ่อนและผลบริบูรณ์ เมื่อเก็บรักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 65% และ 95%	13
2.7	วิถีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์	14
2.8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ระหว่างการสุกของกล้วยหอม	14
2.9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพกตินระหว่างการอ่อนนุ่มของผลแอปเปิลระหว่างการเก็บรักษา	17
2.10	ปริมาณแป้งและน้ำตาลที่ละลายได้ของกล้วยพันธุ์ Prata ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16±1°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์	19
2.11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้ง กิจกรรมของเอนไซม์ β-amylase และปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ในกล้วยพันธุ์ Nanicão	20
2.12	ความเข้มข้นของเอทิลีนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลกล้วยก่อนและหลังการเกิด ethylene peak เป็นระยะเวลา 7 วัน	23
2.13	ขั้นตอนต่างๆ ในการสังเคราะห์เอทิลีน	26
2.14	สมมุติฐานการทำงานของเอทิลีน	28
3.1	ภาชนะบรรจุสำหรับทดสอบอัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีน	38
3.2	ลักษณะการยึดจับกระดาษสำหรับการทดสอบแรงดึงขาดด้วยเครื่อง universal testing machine	40
3.3	ตำแหน่งการวัดสีของกล้วย	43
4.1	ความหนืดของของผสมระหว่าง ดินสอพอง : น้ำ ที่อัตราส่วนต่างๆ	47

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.2	ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราส่วนดินสอพองในของผสม และความหนืดของของผสม	48
4.3	ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีต่างๆ ณ อุณหภูมิ 150°ซ	50
4.4	ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีต่างๆ ณ อุณหภูมิ 175°ซ	51
4.5	ระยะเวลาในการอบตัวอย่างสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีต่างๆ ณ อุณหภูมิ 200°ซ	52
4.6	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ณ อุณหภูมิ 150°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด	54
4.7	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ณ อุณหภูมิ 175°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด	55
4.8	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วยตู้อบลมร้อน ณ อุณหภูมิ 200°ซ เปรียบเทียบกับสารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด	56
4.9	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วย เครื่องอบแบบสุญญากาศ ณ อุณหภูมิ 150°ซ เปรียบเทียบกับ สารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด	57
4.10	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วย เครื่องอบแบบสุญญากาศ ณ อุณหภูมิ 175°ซ เปรียบเทียบกับ สารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด	58
4.11	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่อบด้วย เครื่องอบแบบสุญญากาศ ณ อุณหภูมิ 200°ซ เปรียบเทียบกับ สารดูดกลืนเอทิลีนในท้องตลาด	59
4.12	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีน ที่บรรจุในถุงกระดาษชนิดต่างๆ	62
4.13	ค่า tensile index ของกระดาษแต่ละชนิด ณ ความชื้นสัมพัทธ์ 79 เปอร์เซ็นต์	63

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.14	ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษสาแบบบางจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 250 เท่า	64
4.15	ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษสาแบบบางจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	64
4.16	ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษพรูฟจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 250 เท่า	65
4.17	ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษพรูฟจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	65
4.18	ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษทำโคมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 250 เท่า	66
4.19	ภาพลักษณะเส้นใยของกระดาษทำโคมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	66
4.20	อัตราการดูดกลืนก๊าซเอทิลีนของสารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น และสารดูดกลืนเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด	68
4.21	เปอร์เซ็นต์ผลสุกต่อหวีของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษา โดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	70
4.22	เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักสดของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษา โดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	71
4.23	ค่า L* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ชนิดต่างๆ	75
4.24	ค่า a* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ชนิดต่างๆ	76
4.25	ค่า b* ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ชนิดต่างๆ	77
4.26	ค่า chroma ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้ สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	78

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.27	ค่า hue angle ของสีเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	79
4.28	ความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	81
4.29	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	83
4.30	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนชนิดต่างๆ	85
5.1	การผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจของกล้วยพันธุ์ Nanicão	101

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	รูปแบบกล่องกระดาษลูกฟูกสำหรับบรรจุกล้วย แบบ ศบท. 1	118
2	วิธีการบรรจุกล้วยหอมและกล้วยไข่ในกล่องกระดาษลูกฟูก สำหรับบรรจุกล้วยแบบ ศบท. 1	119
3	การวางเรียงกล่องบรรจุกล้วย แบบ ศบท. 1 บนแท่นรองรับสินค้า 1,200 × 1,000 มิลลิเมตร	120
4	ขนาดคอนเทนเนอร์แบบ LD - 3 ของเครื่องบิน	121
5	การวางเรียงกล่องในคอนเทนเนอร์แบบ LD-3 ของเครื่องบิน	122
6	ขนาดของตู้คอนเทนเนอร์แบบ LD-7 ของเครื่องบิน และการวางเรียงกล่องในคอนเทนเนอร์	123
7	ขนาดคอนเทนเนอร์ของเครื่องบิน Pallet and Net และการวางเรียงกล่องบน คอนเทนเนอร์	124
8	แผนภาพ Psychrometric	155
9	กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น, BeFresh, Ethyl-Gone และไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน ณ วันเริ่มต้นการทดลอง	162
10	กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น, BeFresh, Ethyl-Gone และไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน หลังจากเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 3 วัน	163
11	กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น, BeFresh, Ethyl-Gone และไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน หลังจากเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 6 วัน	164
12	กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น, BeFresh, Ethyl-Gone และไม่ใช้สารดูดกลืนเอทิลีน หลังจากเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 9 วัน	165
13	กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น, BeFresh และ Ethyl-Gone หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน	166

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
14	กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีนที่ผลิตขึ้น, BeFresh และ Ethyl-Gone หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน	167
15	กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาโดยใช้สารดูดกลืนเอทิลีน BeFresh และ Ethyl-Gone หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 18 วัน	168

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved