สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ระดับคุณภาพ
☐ ดีเยี่ยม ☑ ดีมาก
☐ ดี ☐ ปานกลาง

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาและการปรับสภาพที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

สุชาติ สุวี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

ชื่อเรื่อง

ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาและการปรับสภาพ
ที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

โดย

สุชาติ สุวี

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา รตนะมโน)
วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 52

กรรมการที่ปรึกษา .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ข้ามสี่)
วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 52

กรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพงษ์ พิมพ์พิมล)
วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 52

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา รตนะมโน)
วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 52

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)
ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
วันที่ 2 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2552

ชื่อเรื่อง ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาและการปรับสภาพที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

ชื่อผู้เขียน นายสุชาติ สุวี

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา รตนะมโน

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาและการปรับสภาพที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก (Atlantic) โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของหัวมันฝรั่งระหว่างเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน พบว่า หัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาเป็นเวลาสั้น (60 วัน) ยังคงมีคุณภาพดีกว่าหัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน (120 และ 180 วัน)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาและอุณหภูมิในระหว่างการปรับสภาพต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป โดยศึกษาหัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 3 ระยะ คือ 60, 120 และ 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ร่วมกับการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) พบว่าหัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษาที่สั้นและได้รับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่สูง ปรับสภาพได้เร็วและให้คุณภาพที่ดีกว่าหัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษาที่นานและได้รับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ต่ำ โดยหัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 60 วัน แล้วนำมาปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน มีปริมาณแป้งสูงและให้คุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีที่สุด รองลงมาคือ การปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากการทดลองนี้แสดงว่าการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง สามารถลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เพิ่มปริมาณแป้งภายในหัวมันฝรั่งและให้คุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีขึ้น

Title	Effects of Duration and Temperature During Storage and Conditioning on Quality of Potato Tuber (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atlantic for Processing
Author	Mr. Suchat Suwee
Degree of	Master of Science in Postharvest Technology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Sujitra Ratanamarno

ABSTRACT

The effects of duration and temperature during storage, and conditioning on quality of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atlantic for processing were studied under the 2 sets of experiments. The first experiment was the study on physical and chemical qualities of potato tuber stored at 5 °C for the period of 0-180 days. It was found that potato tubers stored at the short-term storage of 60 days had better quality than those stored at the long-term storage of 120 and 180 days.

The second experiments, the effects of storage duration and temperature during conditioning on quality of potato tuber for processing were investigated by using the 3 storage durations of 60, 120 and 180 days at 5 °C, and 4 different levels of conditioning temperatures at 15, 20, 25, and the ambient at 30 °C. The results showed that the short-term storage with high conditioning temperature yielded better quality tubers than the long-term storage with low conditioning temperature. Tubers stored at 60 days storage and conditioning at ambient for 10 days had higher quantities of starch and the best color quality for potato chip processing, followed by the potato tubers conditioning at 25 °C. In summary, this experiment suggested that the ambient conditioning temperature could decrease quantities of reducing sugar and increase quantities of starch in potato tubers, which resulted in better color quality of potato chips.

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา รตนะมโน ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำและให้การช่วยเหลือทุกอย่างตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ลงด้วยดีและขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ข้ามสี่ และผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพงษ์ พิมพ์พิมล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.คนัย บุณยเกียรติ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็น แนวคิดต่างๆ และแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงาน พร้อมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ นักหล่อ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณพระคุณหัวหน้าภาควิชา คณาจารย์ บุคคลากรและเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาพืชสวนและเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยที่ได้แนะนำข้อคิดที่ดีและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณพุ่มวิภา เจ้งซุ่น เพื่อน พี่และน้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจในระหว่างที่ศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเกษม สุวี คุณแม่โสภา ไชยสุ และคุณลุงวิลาส สุวี ทุกๆ คนในครอบครัว ญาติๆ และผู้ใหญ่ทุกๆ ท่านที่คอยให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียน ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจที่ดีเสมอมา จนทุกสิ่งทุกอย่างสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายสุชาติ สุวี

ตุลาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
สารบัญตารางผนวก	(11)
สารบัญภาพผนวก	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ในการศึกษา	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจายของมันฝรั่ง	3
แหล่งที่ปลูกมันฝรั่งในประเทศไทย	3
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง	3
พันธุ์ของมันฝรั่ง	5
คุณภาพของหัวมันฝรั่ง	6
การเก็บเกี่ยว	9
การผึ่งให้แห้ง	11
การเก็บรักษา	12
การป้องกันการงอกของหัวมันฝรั่ง	16
ปริมาณสารอาหารในหัวมันฝรั่ง	17
องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในหัวมันฝรั่ง	18
การแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	22

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	24
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	25
การดำเนินงานทดลอง	26
วิธีการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล	26
การบันทึกข้อมูล	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	31
ผลการทดลอง	31
วิจารณ์ผลการทดลอง	65
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	73
สรุปผลการทดลอง	73
ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก วิธีการเตรียมสารเคมี วิธีการวิเคราะห์และการคำนวณ	80
ภาคผนวก ข ภาพการทดลอง	88
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย	93

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของหัวมันฝรั่งระหว่างเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 60, 120 และ 180 วัน	34
2	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	46
3	น้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	47
4	ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	48
5	ค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	49
6	ค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	50
7	ค่าความแน่นเนื้อ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	51
8	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	52
9	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	53
10	ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ	54
11	ค่าสี (คะแนน) ของหัวมันฝรั่งหลังทอดภายหลังการปรับสภาพ	55

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	การสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	35
2	น้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	35
3	ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	36
4	ค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	36
5	ค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	37
6	ค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	37
7	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	38
8	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	38
9	ปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	39
10	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	56
11	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	57

ภาพ		หน้า
12	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	58
13	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	59
14	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	60
15	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	61
16	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	62
17	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	63
18	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ	64

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	ค่าการดูดกลืนแสงของกลูโคส	85
2	ความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะ น้ำหนักแห้งและแป้งในหัวมันฝรั่ง	87

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแป้ง	82
2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 575 นาโนเมตร กับปริมาณกลูโคสมาตรฐาน	85
3	หัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ก) และ 40 วัน (ข) ที่อุณหภูมิต่างๆ	89
4	หัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ค) และ 40 วัน (ง) ที่อุณหภูมิต่างๆ	89
5	หัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (จ) และ 40 วัน (ฉ) ที่อุณหภูมิต่างๆ	89
6	การเปรียบเทียบคุณภาพสีมันฝรั่งทอดของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเลย์ (Lay) กับมาตรฐานของ USDA Color Standard for Frozen French Fried Potatoes ซึ่งได้คะแนน เท่ากับ 2 คะแนน (เหลืองอ่อน) เป็นคุณภาพสีหลังทอดที่ดี	90
7	สีมันฝรั่งทอดของหัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ก) และ 40 วัน (ข) ที่อุณหภูมิต่างๆ	90
8	สีมันฝรั่งทอดของหัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ค) และ 40 วัน (ง) ที่อุณหภูมิต่างๆ	91
9	สีมันฝรั่งทอดของหัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (จ) และ 40 วัน (ฉ) ที่อุณหภูมิต่างๆ	91

บทที่ 1
บทนำ

มันฝรั่งเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญ มีปริมาณและมูลค่าของผลผลิตอยู่ในลำดับที่ 4 รองจากข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด มีรายงานว่า พื้นที่ปลูกมันฝรั่งทั่วโลกมีประมาณ 140 ล้านไร่ และมีผลผลิตประมาณ 300 ล้านตันต่อปี โดยที่ประชากรในแถบทวีปยุโรป อเมริกา ลาตินอเมริกา และ แอฟริกา นิยมบริโภคมันฝรั่งกันมาก แม้ว่าประเทศไทยจะไม่บริโภคมันฝรั่งเป็นอาหารหลัก แต่ปัจจุบันมันฝรั่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดในภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งในปี พ.ศ. 2552 ได้ผลผลิตรวมทั้งประเทศจำนวน 130,066 ตัน พันธุ์ที่ใช้บริโภคสด 10,565 ตัน และพันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป 119,501 ตัน แต่ผลผลิตมันฝรั่งที่ผลิตได้ในประเทศยังไม่เพียงพอ เนื่องจากมีความต้องการใช้หัวมันฝรั่งปริมาณมาก ทำให้มีการนำเข้าหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) การใช้หัวมันฝรั่งที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และพบว่ามีความเสียหาย เนื่องจากการขนส่งหัวมันฝรั่งที่ล่าช้ากว่ากำหนด (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2545) ทำให้ผลผลิตมันฝรั่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของโรงงานที่มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง มันฝรั่งนอกจากนำมารับประทานสดได้แล้ว มันฝรั่งยังสามารถแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (potato chips) มันฝรั่งแท่งทอด (french fries) และขนมคบเคี้ยวต่างๆ ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นทุกปี (มาโนช, 2541) มันฝรั่งเป็นอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย และยังเป็นแหล่งเกลือแร่ วิตามิน โปรตีน และธาตุอาหารที่สำคัญหลายชนิด (Hawkes, 1992) ทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูก และมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อผลิตวัตถุดิบส่งโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง (ประเสริฐ, 2541) โดยการปลูกมันฝรั่งจะสามารถปลูกได้ในบางฤดูกาลและบางแหล่งเท่านั้น ส่งผลให้บางฤดูมีความจำเป็นต้องเก็บรักษาหัวมันฝรั่งไว้สำหรับการแปรรูปเพื่อใช้ในช่วงที่ไม่สามารถปลูกได้ และอาจขาดแคลน หรือเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่ปลูกได้คุณภาพดีและมีปริมาณมากเกินไว้สำหรับแปรรูปต่อไป ตลอดจนโรงงานบางโรงงานที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งปลูก อาจสามารถเก็บรักษาวัตถุดิบไว้ได้ตามระยะเวลาที่ต้องการ เพื่อช่วยลดปริมาณการนำเข้าของหัวมันฝรั่งที่มีความยุ่งยากในการนำเข้าจากต่างประเทศ และช่วยลดต้นทุนในการแปรรูปมันฝรั่งให้ต่ำลง ได้หัวมันฝรั่งที่มีคุณภาพ ถ้ามีวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมในการช่วยรักษาคุณภาพของหัวมันฝรั่ง ซึ่ง มาโนช (2541) ได้รายงานว่า คุณภาพที่ดีของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูปนั้นจะต้องมีปริมาณแป้งสูง และปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งต่ำ ถ้าปริมาณน้ำตาลสูง เมื่อทอดแล้วจะเกิดสีน้ำตาลไหม้มีรสขมเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์สำหรับผู้บริโภค ซึ่ง ศิริพร (2540) กล่าวว่าหัวมันฝรั่งที่เก็บไว้ใช้ในการแปรรูป โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่สูง

ในหัวมันฝรั่งสามารถลดให้ต่ำลงได้ โดยนำหัวมันฝรั่งนั้นไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส นาน 1-2 สัปดาห์ เพราะปริมาณน้ำตาลจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจมากขึ้น และหากต้องการเก็บรักษาไม่นานประมาณ 2-3 เดือน อุณหภูมิในโรงเก็บควรจะประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส ถ้าต้องการเก็บไว้นานกว่านี้สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา

ดังนั้น การศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษา และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป จัดเป็นแนวทางหนึ่ง เพื่อทราบระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ และทราบระยะเวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปรับสภาพภายหลังจากเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูปต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่ง
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปรับสภาพภายหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษาและการปรับสภาพที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ
2. เพื่อทราบระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปรับสภาพภายหลังจากเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ
3. เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีระหว่างการปรับสภาพของหัวมันฝรั่ง ภายหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจายของมันฝรั่ง

นักสำรวจชาวสเปนพบว่า มันฝรั่งเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ บริเวณประเทศเปรู ซึ่งมีการปลูกมันฝรั่งเพื่อใช้บริโภคเป็นอาหารหลักเป็นเวลาช้านานแล้ว มีการนำเข้ามาปลูกในยุโรประหว่างปี ค.ศ. 1531-1535 ต่อมาในปี ค.ศ. 1586 จึงแพร่พันธุ์เข้าไปในประเทศอังกฤษและไอร์แลนด์และแพร่หลายในประเทศยุโรปอย่างมากในปี ค.ศ. 1750 (ไสว, 2534) โดยกลายเป็นอาหารหลักในประเทศไอร์แลนด์ จึงมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Irish potato (Hawkes, 1992)

สำหรับประเทศไทย ไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่ามีการนำมันฝรั่งเข้ามาในปีพุทธศักราชใดแต่ชาวเขาและชาวจีนฮ่ออพยพ ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณภูเขาทางภาคเหนือได้รู้จักการปลูกมันฝรั่งมาเป็นเวลานานแล้วและเรียกมันฝรั่งว่า "มันอาลู" โดยมีการสันนิษฐานว่าอาจเป็นพันธุ์ที่ปลูกในประเทศอินเดียซึ่งถูกนำเข้ามาโดยชาวอังกฤษและแพร่ขยายมายังประเทศพม่า แต่ในปัจจุบันมันฝรั่งพันธุ์อาลู ได้สูญพันธุ์ไปแล้ว เนื่องจากมีคุณภาพและผลผลิตต่ำ เกษตรกรจึงหันมาปลูกหัวมันฝรั่งที่นำพันธุ์มาจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ (มาโนช, 2541)

แหล่งที่ปลูกมันฝรั่งในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่ในเขตภาคเหนือ สำหรับในจังหวัดเชียงใหม่ เขตที่ปลูกมาก ตำบลช่อแล อำเภอแม่แตง บ้านเจดีย์หลวง อำเภอสันทราย อำเภอฝางและอำเภอเชียงดาว ซึ่งนิยมปลูกในช่วงฤดูหนาวและยังสามารถนำไปปลูกในช่วงฤดูฝนได้โดยเฉพาะบนที่สูงซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ยังมีการปลูกในเขตจังหวัดพะเยา เชียงราย แพร่ น่าน ลำปาง ตาก เพชรบูรณ์ และสกลนคร (ศิริพร, 2540) สำหรับในปี 2543/44 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้คาดคะเนพื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งไว้ประมาณ 61,398 ไร่ ซึ่งคิดเป็นผลผลิตประมาณ 107,435 ตัน (สมฤทธิ์, 2543)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง

มันฝรั่งมีชื่อสามัญว่า Irish potato, white potato และ potato จัดเป็นพืชในวงศ์ Solanaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Solanum tuberosum* L. มีจำนวนโครโมโซมเป็นเตตราพลอยด์

(tetraploid) คือ 2n=4x=48 (Vincent and Mas, 1997) เป็นพืชล้มลุกอยู่ในตระกูลเดียวกับพริก มะเขือ มะเขือเทศ และยาสูบ เป็นต้น (นิธิยาและคนัย, 2533)

มันฝรั่งเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ที่สะสมอาหารไว้ที่ลำต้นใต้ดิน ส่วนของลำต้นเหนือดินตั้งตรง แตกกิ่งก้าน มีความสูงอยู่ระหว่าง 50-100 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ ลำต้นโดยทั่วไปเมื่อตัดตามขวางจะกลวงและเป็นรูปสามเหลี่ยม ใบเป็นแบบใบประกอบซึ่งประกอบด้วยใบยอด และใบย่อย มีลักษณะกลม ส่วนลำต้นที่อยู่ใต้ดิน จะมีลักษณะกลม แต่ไม่กลวง การออกดอกขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพดินฟ้าอากาศในขณะปลูก การออกดอกอาจจะไม่มีการติดเมล็ดก็ได้ ดอกมันฝรั่งมี 2 เพศ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย โดยที่กลีบดอกทั้ง 5 กลีบ จะเชื่อมติดกันที่ฐาน ทำให้มีลักษณะเป็นหลอดสั้นๆ ผิวของกลีบดอกจะเรียบ ส่วนปลายของกลีบดอกจะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม กลีบดอกมีสีขาว สีฟ้าอ่อน หรือสีม่วง แล้วแต่พันธุ์ เกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับเรณู 5 อัน ซึ่งมีก้านชูเกสรตัวผู้เชื่อมติดกับส่วนฐานของกลีบดอก อับเรณูจะติดกันเป็นกรวย หุ้มยอดเกสรตัวเมียไว้ สีของอับเรณูจะมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนจนถึงสีส้ม ส่วนของเกสรตัวเมีย 1 อัน ประกอบด้วยรังไข่ ซึ่งมีไข่อ่อนเป็นจำนวนมาก คอเกสรตัวเมีย (style) และยอดเกสรตัวเมีย (stigma) เมื่อละอองเกสรตัวผู้ตกบนยอดเกสรตัวเมียเข้าไปผสมกับไข่อ่อน เมื่อผสมแล้ว รังไข่จะเจริญเป็นผล ซึ่งภายในประกอบด้วยเมล็ดเป็นจำนวนมาก เมล็ดมีรูปร่างกลมแบน รูปร่างของผลอาจจะกลมเป็นรูปไข่หรือทรงกระบอก หัวมันฝรั่งที่ใช้บริโภคเป็นส่วนของลำต้นใต้ดิน (tuber) ทำหน้าที่สะสมอาหารและขยายพันธุ์ส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์เรียกว่า stolon ความยาวของstolon จะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความยาวของวัน อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่นๆ โดย stolon จะเริ่มเจริญและสร้างหัวหลังจากปลูกได้ 2-3 สัปดาห์ แต่หากปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมอาจใช้เวลาเพียง 1-2 สัปดาห์เท่านั้น ส่วนประกอบของหัวมันฝรั่งที่อยู่ชั้นนอกสุด คือ ส่วนเพอริเดิม (periderm) ซึ่งมีลักษณะคล้ายแวกซ์ จะป้องกันการสูญเสียน้ำ และการเกิดแผล ชั้นถัดเข้าไปเป็นเนื้อเยื่อสะสมอาหาร ซึ่งมีท่อน้ำ และท่ออาหารกระจายอยู่โดยทั่วไป ผิวของมันฝรั่ง อาจจะเป็นสีครีม สีแดง สีเหลือง หรือสีม่วง แล้วแต่ลักษณะประจำพันธุ์ ผิวของหัวมันฝรั่งจะมีรูเล็กๆ เรียกว่า lenticels ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจและถ่ายเทอากาศ lenticels จะขยายใหญ่ขึ้นหากปลูกในสภาพดินชื้น ทำให้หัวมันฝรั่งที่เก็บเกี่ยวได้ไม่สวยงาม นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุให้เชื้อโรคเข้าสู่ภายในหัวได้ง่าย ถ้าส่วนของหัวมันฝรั่งได้รับแสงแดดจะทำให้ผิวเปลี่ยนเป็นสีเขียว และไม่เหมาะสมต่อการบริโภค (นิธิยาและคนัย, 2533) สีเขียวดังกล่าวเกิดจากการที่หัวมันฝรั่งได้รับแสง ทำให้มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และการสร้าง glycoalkaloid ที่ทำให้เกิดรสขมขึ้น (Gull, 1960 อ้างโดย Rastovski et al., 1981) การเพิ่มขึ้นของ

ปริมาณ glycoalkaloid ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการได้รับแสง ความเข้ม และความยาวของคลื่นแสง (Rastovski et al., 1981)

พันธุ์ของมันฝรั่ง

พันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 ประเภทคือ พันธุ์ที่ใช้บริโภคสดและพันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป ซึ่งได้แก่

1. พันธุ์สปุนตา (Spunta) เป็นพันธุ์ของประเทศเนเธอร์แลนด์ มีอายุปานกลาง 100 ถึง 200 วัน เจริญเติบโตเร็ว ทรงต้นตรง โคนต้นมีสีม่วง ดอกสีขาว ลักษณะหัวยาวใหญ่ ตาตื้น ผิวสีเหลืองเรียบ เนื้อในสีเหลือง ให้ผลผลิตสูง พันธุ์นี้เมื่อเก็บไว้นานๆ หัวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแก่เกือบดำ ต้านทานแล้งได้ดีพอสมควร นิยมใช้ในการบริโภคสด (มาโนช, 2541)

2. พันธุ์เคนนีเบค (Kennebec) เป็นพันธุ์จากประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการผลิตหัวพันธุ์จำหน่ายในหลายประเทศ เช่น แคนาดา เนเธอร์แลนด์ ออสเตรเลีย นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2521 โดยบริษัทแปรรูปมันฝรั่ง เป็นพันธุ์อายุปานกลาง ลักษณะใบใหญ่ พุ่มหนา หัวค่อนข้างใหญ่ ทรงกลมรูปไข่ ตาตื้น ผิวสีเหลืองอ่อนเรียบ เนื้อสีขาว ทนแล้งได้ดีพอสมควร นิยมใช้เพื่อแปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดกรอบโดยเฉพาะ (มาโนช, 2541)

3. พันธุ์แอตแลนติก (Atlantic) เป็นพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการผลิตพันธุ์จำหน่ายในหลายประเทศ เช่น แคนาดา สก๊อตแลนด์ เป็นต้น อายุเก็บเกี่ยวปานกลางระหว่าง 85-120 วัน มีทรงพุ่มหนา ใบสีเขียวเข้มค่อนข้างใหญ่ รูปร่างหัวกลมค่อนข้างเล็ก เนื้อสีขาว ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพในการแปรรูปดี ปัจจุบันเป็นพันธุ์ที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดในประเทศไทย (มาโนช, 2541)

4. พันธุ์ฝาง 60 ได้รับการทดสอบพันธุ์ที่สถานีทดลองพืชสวนฝางและในไร่กสิกรที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์นี้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพปลูกในประเทศไทยได้ดี แต่ไม่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียว (bacterial wilt) และไส้เดือนฝอยรากปม มีปริมาณน้ำตาลในหัวสูง ไม่เหมาะสมสำหรับการแปรรูป ให้ผลผลิตสูงและคงที่สม่ำเสมอ เฉลี่ยในแปลงทดสอบพันธุ์ 4.91 ตันต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

5. พันธุ์รัสเสทเบอร์แบงค์ (Russet burbank) หัวมีลักษณะยาวรี ผิวสีน้ำตาลเป็นตาข่าย เนื้อสีขาว น้ำหนักแห้งในหัวประมาณ 18.5 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตประมาณ 2.7 ตันต่อไร่ พันธุ์นี้นิยมนำเข้าจากสหรัฐอเมริกา แต่ปลูกในประเทศไทยไม่ค่อยได้ผลนัก เพราะเป็นพันธุ์ที่ต้องการอากาศเย็นเป็นเวลานานๆ ซึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยยังไม่มีลักษณะภูมิอากาศดังกล่าว (ศิริพร, 2542)

6. พันธุ์พื้นเมือง ทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยชาวไทยภูเขาและจีนฮ่อปลูกบนที่สูง ใช้บริโภคสด พันธุ์พื้นเมืองเรียกว่า มันอาลู มีลักษณะใบและต้นใหญ่กว่าต่างประเทศ หัวมีขนาดเล็กไม่สม่ำเสมอ เนื้อสีค่อนข้างขาว เปลือกหนาเมื่อนำมาทอดจะมีรสขื่น ผลผลิตต่ำ เป็นมันฝรั่งที่ทนทานต่อสภาพธรรมชาติและโรคแมลงได้สูง (ศิริพร, 2542)

7. พันธุ์บินท์เจ (Bintje) เป็นพันธุ์มันฝรั่งของเนเธอร์แลนด์ พันธุ์ค่อนข้างเบา โตเร็วมากแข็งแรง หัวค่อนข้างใหญ่ ลักษณะรูปไข่ยาวรี ขนาดของหัวสม่ำเสมอมาก เปลือกหนา แต่เรียบ และมีสีน้ำตาลจาง ตาตื้น เนื้อมันจะมีสีเหลืองอ่อน เหมาะในการแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ พันธุ์นี้เมื่อนำมาส่งเสริมให้ปลูกในระยะหลังมักจะมีผลผลิตต่ำลง ความนิยมลดลง (ศิริพร, 2542)

คุณภาพของหัวมันฝรั่ง

โดยทั่วไปคุณภาพของมันฝรั่งถูกกำหนดโดยลักษณะทางกายภาพของหัวมันฝรั่งและคุณภาพในการประกอบอาหาร ลักษณะต่างๆ ของหัวที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพได้แก่ ขนาด รูปร่าง ความลึกของตา สีผิว สีเนื้อ การเกิดสีเขียวที่ผิว การเกิดไส้กลวงและรอยแตกภายนอก ส่วนคุณภาพในการประกอบอาหาร ได้แก่ รสชาติ และคุณลักษณะของเนื้อ (Smith, 1977)

คุณภาพมันฝรั่งที่โรงงานต้องการ

คุณภาพของหัวมันฝรั่งที่โรงงานต้องการ มีปริมาณแป้งสูงและปริมาณน้ำตาลในหัวต่ำ หัวมีขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปและหัวมันฝรั่งมีสภาพสมบูรณ์ไม่มีแผล ไม่เน่าเสีย และไม่มีหัวเขียว (วิวัฒน์, 2538) คุณภาพที่โรงงานแปรรูปสากลต้องการในการแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นต้องมีน้ำหนักแห้ง 22-24 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.085 สำหรับโรงงานแปรรูปในประเทศไทย กำหนดคุณภาพของหัวมันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งไม่ต่ำกว่า 17.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 1.070 ขึ้นไป เนื่องจากน้ำหนักแห้งและความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง มีความสัมพันธ์กับปริมาณแป้งในหัว น้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะมีค่าสูงแสดงว่ามีปริมาณแป้งมาก ถ้าหัวมันฝรั่งยิ่งมีน้ำหนักแห้งหรือค่าความถ่วงจำเพาะสูงก็จะเพิ่มมูลค่าของหัวมันฝรั่งให้มีราคาสูงขึ้น ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งมีความสำคัญต่อการกำหนดคุณภาพในการแปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดแบบแผ่นโดยเฉพาะน้ำตาลรีดิวซ์ (กลูโคสและฟรุกโตส) ควรมีในหัวมันฝรั่งไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูงเมื่อนำไปทอดน้ำตาลจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนหรือกรดอะมิโน ทำให้เกิดสีน้ำตาลไหม้ขึ้น โดยทั่วไปโรงงานยังไม่มีการกำหนดปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งเป็นตัวชี้คุณภาพในการรับซื้อ

เนื่องจากการวัดปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งค่อนข้างยุ่งยากและใช้ระยะเวลา ไม่เหมือนกับการวัดหาปริมาณน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะ นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งยังมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพการเก็บรักษา (ประเสริฐ, 2541)

ความสำคัญของคุณภาพ

1. หัวมีปริมาณแป้งสูง เมื่อแปรรูปเสร็จแล้วจะได้น้ำหนักดี รวมทั้งขณะที่กำลังทอดจะอมน้ำมันน้อย ทำให้ประหยัดน้ำมันที่ใช้ทอด

2. ปริมาณน้ำตาลต่ำ เมื่อนำไปทอดจะมีสีเหลืองอ่อนสวย ถ้าปริมาณน้ำตาลสูงเมื่อทอดแล้วจะเกิดสีน้ำตาลไหม้มีรสขม ไม่ประทับใจผู้บริโภค

3. หัวขนาดใหญ่ สูญเสียน้ำหนักน้อยเวลาปอกเปลือก เมื่อเทียบกับหัวขนาดเล็ก

4. หัวมันฝรั่งที่สมบูรณ์ ไม่มีแผล จะเก็บรักษาไว้ได้นาน ไม่เน่าเสียก่อนการแปรรูป

5. หัวมันฝรั่งมีสีเขียว เมื่อนำไปแปรรูปจะมีรสขม และอาจเกิดสารที่เป็นพิษต่อผู้บริโภค (ประเสริฐ, 2541)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของมันฝรั่ง

1. พันธุ์มันฝรั่ง แต่ละพันธุ์มีปริมาณแป้งและปริมาณน้ำตาลในหัวแตกต่างกัน ทำให้คุณภาพในการแปรรูปแตกต่างกันด้วย

2. ช่วงวันปลูก มันฝรั่งที่ปลูกก่อนในต้นฤดูจะมีคุณภาพดีกว่ามันฝรั่งที่ปลูกล่าช้าในฤดูปลูกคือ จะมีน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะสูงกว่า

3. ฤดูปลูก มันฝรั่งที่ปลูกในฤดูหนาวจะมีน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะสูงกว่ามันฝรั่งที่ปลูกในฤดูฝน

4. อุณหภูมิในช่วงฤดูปลูก ถ้ามีอุณหภูมิสูงจะทำให้น้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งลดลง

5. การใส่ปุ๋ย ถ้าใส่ปุ๋ยมากโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้มันฝรั่งมีน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะต่ำ ปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น คุณภาพการแปรรูปจะลดลง

6. การให้น้ำ ถ้าให้น้ำมากเกินไปโดยเฉพาะช่วงที่หัวมันฝรั่งเริ่มแก่ ทำให้หัวมันฝรั่งมีน้ำมาก ปริมาณน้ำหนักแห้งในหัวจะลดลง การเว้นระยะการให้น้ำนานเกินไปจนมันฝรั่งขาดน้ำเป็นช่วงๆ จะทำให้มันฝรั่งมีการเจริญเติบโตไม่ดี ผลผลิตและคุณภาพจะลดลง

7. โรคและแมลง ต้นมันฝรั่งที่ถูกโรคหรือแมลงเข้าทำลาย ทำให้การสร้างอาหารลดลง การสะสมอาหารที่หัวน้อยลง เป็นผลให้ผลผลิตและน้ำหนักแห้งของหัวลดลง

8. อายุเก็บเกี่ยว เป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่ง การเก็บเกี่ยวมันฝรั่งที่อายุยังอ่อน จะมีปริมาณน้ำหนักแห้งในหัวต่ำและมีปริมาณน้ำตาลสูง ทำให้คุณภาพการแปรรูปไม่ดี (ประเสริฐ, 2541)

การตรวจสอบคุณภาพของหัวมันฝรั่ง

คุณภาพของหัวมันฝรั่งขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะและตำหนิต่างๆ บนหัวมันฝรั่ง ซึ่งคุณภาพดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา ผู้ตรวจสอบสามารถคัดหัวที่ไม่ต้องการออกไปได้โดยง่าย แต่คุณภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งของหัวมันฝรั่ง โดยเฉพาะมันฝรั่งที่จะนำไปแปรรูป คือ ปริมาณของของแข็งทั้งหมด (total solids) ที่อยู่ในเนื้อเยื่อซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณแป้งด้วย วิธีการตรวจสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดนั้น วิธีที่ยอมรับกันมากที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ การหาความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง วิธีการหาความถ่วงจำเพาะเป็นวิธีที่ง่าย และรวดเร็ว นอกจากนั้นค่าของความถ่วงจำเพาะยังมีความสัมพันธ์สูงมากกับปริมาณของแข็งทั้งหมด (นิธิยาและคนัย, 2533)

การตรวจสอบหาความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง

1. เครื่องมือ Hydrometer เครื่องมือ Hydrometer ที่ใช้วัดความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งนี้ ผลิตโดย National Potato Chip Institute ในสหรัฐอเมริกา มีลักษณะเป็นหลอดแก้ว มีกระเปาะที่สามารถลอยได้ในน้ำ วิธีการทำต้องใช้มันฝรั่งจำนวน 3.57 กิโลกรัมพอดี โดยใส่มันฝรั่งลงในตะกร้าที่ทำจากลวดชนิดพิเศษซึ่งจะจำหน่ายมาพร้อมกับเครื่อง Hydrometer จากนั้นนำตะกร้าใส่ลงในน้ำ โดยมี Hydrometer ติดอยู่ทางส่วนบนของตะกร้า ตะกร้าจะลอยน้ำได้ เพราะ Hydrometer ช่วยพยุงอยู่ ค่าความถ่วงจำเพาะหรือของแข็งทั้งหมดของมันฝรั่งในตะกร้า จะอ่านได้จากค่าที่ปรากฏที่หลอดแก้วของ Hydrometer ตรงระดับน้ำพอดี วิธีนี้ง่ายสะดวกและให้ผลค่อนข้างถูกต้อง แต่มีข้อเสีย คือ ต้องใช้ด้วยความระมัดระวังเพราะอาจจะเกิดความเสียหายกับ Hydrometer ได้

2. การใช้น้ำเกลือหรือกลีเซอรีน (glycerine) วิธีนี้หาความถ่วงจำเพาะโดยใช้หลักการที่มันฝรั่งจะลอย หรือจมในสารละลายเกลือ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสารละลาย ตามปกติสารละลายจะต้องมีความถ่วงจำเพาะหลายระดับเรียงกัน เช่น 1.065, 1.070, 1.075 และ 1.085 เป็นต้น มันฝรั่งจะถูกย้ายจากสารละลายหนึ่งไปยังอีกสารละลายหนึ่ง ค่าความถ่วงจำเพาะที่ถูกต้อง คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่มันฝรั่งเกือบจะลอย วิธีนี้ทำได้ช้าและในขณะปฏิบัติงานปริมาณเนื้อของตัวถูกละลาย เช่น เกลือ จะน้อยลงเพราะติดไปกับหัวมันฝรั่ง ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนไป

3. การชั่งน้ำหนักหัวมันฝรั่งในอากาศและในน้ำ วิธีการนี้ใช้หลักของอะคีมีดีส (Archimedes Principle) ในการหาความถ่วงจำเพาะ โดยครั้งแรกชั่งน้ำหนักในอากาศ หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักในน้ำและหาความถ่วงจำเพาะจากสมการ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของหัวมันฝรั่งในอากาศ}}{\text{น้ำหนักของหัวมันฝรั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักหัวมันฝรั่งในน้ำ}}$$

ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการวัดความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง ได้แก่

1. ขนาดของตัวอย่าง ขนาดของตัวอย่างที่จะหาความถ่วงจำเพาะนั้นขึ้นอยู่กับความแน่นอนที่ต้องการ การใช้วิธีของอะคีมีดีสนั้น ถ้าใช้ปริมาณหัวมันฝรั่งมากจะให้ผลถูกต้องยิ่งขึ้น โดยทั่วไปจะใช้หัวมันฝรั่งประมาณ 4-5 กิโลกรัมต่อตัวอย่าง ส่วนการใช้ Hydrometer นั้นจะต้องใช้หัวมันฝรั่ง 3.57 กิโลกรัม

2. ขนาดของหัวมันฝรั่ง ขนาดของหัวจะมีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะดังนั้นขนาดของหัวควรจะเป็นขนาดของหัวส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในแต่ละกลุ่มของผลผลิต

3. อุณหภูมิของน้ำและหัวมันฝรั่ง ความผิดพลาดเล็กน้อยจะปรากฏขึ้นได้เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูง หรือต่ำกว่าหัวมันฝรั่ง ตามปกติถ้าอุณหภูมิมีความแตกต่างกัน 5 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งจะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะผิดไป 0.0021

4. การเก็บรักษา การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งกลุ่มเดิมค่าอาจจะเปลี่ยนแปลงไปได้ เมื่อเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่ง โดยทั่วไปหลังจากเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งแล้ว ค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงในระยะแรก เนื่องจากการหายใจ แต่ระยะต่อมาอาจจะสูงขึ้น เพราะมีการสูญเสียน้ำ ดังนั้นจึงอาจจะเป็นไปได้ว่า ในระยะที่เก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งจะมีคุณภาพเหมาะสมต่อการแปรรูปมากที่สุด แต่หลังจากเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่ง อาจจะไม่เหมาะสมก็ได้ (นิธิยาและคนัย, 2533)

การเก็บเกี่ยว (Harvesting)

อายุการเก็บเกี่ยวมันฝรั่งจะขึ้นอยู่กับพันธุ์เฉลี่ยแล้วประมาณ 100 ถึง 120 วัน ต้นที่แก่ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ลำต้นจะล้มเอนราบไปกับพื้นดิน ควรขุดมันฝรั่งเมื่อแก่จัดเต็มที่เมื่อลำต้นและใบเริ่มแห้งตายเท่านั้น (ธงไชย, 2529)

การทำลายส่วนเหนือดิน (Vine killing)

เมื่อต้นมันฝรั่งแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ควรทำลายส่วนของต้นที่อยู่เหนือดิน ประมาณ 10-20 วัน ก่อนการขุดเก็บเกี่ยว เพราะจะทำให้เกิดผลดีหลายประการ คือ หยุดการเจริญเติบโตของส่วนพุ่มและใบ ทำให้อาหารส่วนที่เหลือไปสะสมที่ส่วนของหัวแทน ช่วยป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อโรคทางใบ เช่น โรคใบไหม้ ไม่ให้แพร่เข้าสู่ส่วนของหัว ทำให้ผิวของหัวหนาไม่ถลอกง่าย ลดความสูญเสียขณะเก็บเกี่ยวและลดความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะในกรณีใช้เครื่องยนต์เก็บเกี่ยว (ศิริพร, 2540)

การทำลายส่วนเหนือดินก่อนการเก็บเกี่ยว (Beukema and Vander Zaag, 1979) ซึ่งทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้สารเคมีในรูปผงหรือสารละลาย ตัวอย่างเช่น sodium meta-arsenite (มักใช้กับดินเหนียวอัตราประมาณ 16-20 ลิตรต่อเฮกตาร์) DNBP (25-30 ลิตรต่อเฮกตาร์) diquat และ paraquat (5 ลิตรต่อเฮกตาร์)

2. ใช้วิธีกล โดยการตัดด้วยแรงงานคนหรือเครื่องจักร

การเก็บเกี่ยวเพื่อให้มันฝรั่งมีคุณภาพดี สามารถเก็บรักษาได้นานนั้นควรมีข้อระวังดังนี้

1. ไม่ควรรีบขุดหัวมันฝรั่งที่อายุอ่อนเกินไป เพราะผิวจะบางทำให้ถลอกได้ง่าย เก็บรักษาไม่ได้นาน หัวมันที่อายุอ่อนจะมีปริมาณแป้งต่ำ และน้ำตาลสูง ทำให้ไม่ได้คุณภาพตามที่โรงงานต้องการ

2. ไม่ควรเก็บหัวมันในขณะที่ฝนตกทำให้หัวมันเปียกชื้น เวลานำไปเก็บรักษาจะทำให้เน่าเสียง่าย

3. ไม่ควรทิ้งหัวมันหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วตากแดดไว้ในแปลงนานเกินไปเพราะความร้อนจะทำให้มันฝรั่งมีสีคล้ำ

4. ระมัดระวังการขนย้าย มิให้กระทบกระแทกเสียดสีกันมากเกินไป

5. ควรผึ่งหัวมันฝรั่งในที่ร่ม ระบายอากาศได้ดีก่อนเข้าโรงเก็บ

6. คัดแยกหัวมันฝรั่งที่เป็นแผลหรือโรคเน่า หัวรูปร่างผิดปกติและหัวสีเขียวทิ้งไปแล้วคัดเกรดตามที่ตลาดต้องการ (นิธิยาและคนัย, 2533)

การแบ่งขนาดหัวมันฝรั่ง

มันฝรั่งที่เก็บเกี่ยวได้จะแบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางตามขวางประมาณ 50 มิลลิเมตร หรือหนัก 250 กรัมขึ้นไป ขนาดกลางประมาณ 35 มิลลิเมตร หนักประมาณ 150 ถึง 250 กรัมขึ้นไปและขนาดเล็กขนาดจะต่ำกว่า 35 มิลลิเมตร หรือหนักน้อยกว่า 150 กรัม (บัณฑูรย์และนาตยา, 2546)

การเก็บเกี่ยวแบ่งได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้แรงงานคนเก็บเกี่ยว คือ ใช้จอบ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวค่อนข้างช้า และจอบทำความเสียหายให้แก่หัวมันฝรั่งมาก กล่าวคือ ในการใช้จอบขุดลงไปนั้น ผู้ขุดไม่อาจทราบได้เลยว่าหัวมันฝรั่งนั้นจะอยู่ตื้นลึกเพียงใด ซึ่งบางครั้งจอบก็ไปตัดเอาหัวมันฝรั่ง ทำให้เกิดความเสียหายขึ้น

2. ใช้เครื่องจักรกลเก็บเกี่ยว เป็นวิธีที่นิยมใช้ ซึ่งมีทั้งแบบแถวเดียวและสองแถว โดยจะทำการขุดหัวแล้วหัวจะถูกลำเลียงผ่านตระแกรงสายพาน เพื่อเขย่าให้ดินที่ติดมากับหัวหลุดออกไป แล้วเคลื่อนย้ายลงสู่รถยนต์บรรทุก ที่คู่ขนานไปกับเครื่องยนต์เก็บเกี่ยว แต่การใช้เครื่องยนต์ในการเก็บเกี่ยวต้องมีการควบคุมการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับหัวมันฝรั่งในขณะเก็บเกี่ยวให้น้อยที่สุด อุณหภูมิดินในขณะเก็บเกี่ยวที่ไม่สูงเกินไปจะทำให้การถลอกของผิวที่หัวลดลง ในวันที่อากาศร้อนและแห้ง หัวที่ขุดขึ้นมาแล้วต้องรีบเก็บเข้าที่ร่มทันที เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากแสงแดด (บัณฑูรย์และนาตยา, 2546)

การผึ่งให้แห้ง (Curing)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งแล้ว กระบวนการทางสรีรวิทยายังคงดำเนินต่อไปตามปกติ เช่น การหายใจและการคายน้ำ จึงต้องมีขั้นตอนการผึ่งให้แห้ง เพื่อลดกระบวนการเหล่านี้ให้น้อยลง วิธีการที่ใช้ในประเทศไทย คือ ผึ่งในที่ร่ม มีอากาศถ่ายเทดี แต่ในต่างประเทศจะผึ่งไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ นาน 2-4 สัปดาห์และต้องมีการระบายอากาศเพื่อป้องกันการสะสมความร้อน ในระหว่างการผึ่งนี้หัวมันฝรั่งจะสร้างเพอริเดิม เพื่อซ่อมแซมแผล การผึ่งให้แห้งอาจจะทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือ เก็บมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำลงประมาณ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-14 วัน ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สภาพที่เหมาะสมต่อการสร้างเพอริเดิมดีที่สุดนั้น คืออุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมินี้จะเหมาะสมต่อการเจริญและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย (นิธิยาและคนัย, 2533)

การเก็บรักษา (storage)

จุดมุ่งหมายในการเก็บรักษามันฝรั่ง ก็คือ ทำให้มีการสูญเสียต่ำที่สุด การสูญเสียหลังจากการเก็บเกี่ยวนั้นหมายถึง การสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งสาเหตุการสูญเสีย ได้แก่

1. การปฏิบัติที่มีผลกระทบแก่หัวมันฝรั่งโดยตรง สาเหตุมาจาก เครื่องมือที่เก็บเกี่ยวและการปฏิบัติในระหว่างและหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การขนมันฝรั่งจากแปลงถึงโรงเก็บ

2. การกระทบกระเทือนทางอ้อม เป็นการสูญเสียคุณภาพของหัวมันฝรั่งโดยเกิดการสูญเสียน้ำในหัวมันฝรั่ง เช่น การทิ้งหัวมันฝรั่งไว้กลางแจ้งที่มีแสงแดดจัด ซึ่งทำให้ผิวของหัวมันฝรั่ง เป็นสีเขียวและเซลล์ที่หัวตาย เน่าได้ง่าย การเก็บมันฝรั่งที่อายุอ่อนเกินไป ทำให้อัตราการหายใจของหัวมันฝรั่งสูง เกิดความร้อนในระหว่างการเก็บรักษา ผิวถลอก ติดเชื้อโรคได้ง่าย

3. การสูญเสียจากโรคและแมลงศัตรู เช่น การเกิดโรคจากเชื้อรา แบคทีเรียและไวรัส การทำลายของแมลงต่างๆ เช่น หนอนผีเสื้อ เสี้ยนดิน หนอนกระทู้ (ประเสริฐ, 2541)

การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

ในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งไม่ว่าจะเป็นระยะสั้นหรือยาวก็ตาม ต้องคำนึงถึงปัจจัยในการเก็บรักษา ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียจากการระเหยของน้ำ หัวมันฝรั่งประกอบด้วยน้ำถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (สมบุญ, 2544) ดังนั้นความสูญเสียที่พบมากที่สุดในการเก็บรักษา คือ การสูญเสียน้ำ ซึ่งนอกจากจะส่งผลทำให้น้ำหนักแห้งของหัวลดลงแล้ว ยังทำให้คุณภาพของหัวมันฝรั่งลดลงด้วย ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษา จึงต้องควบคุมให้การสูญเสียน้ำเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งแก้ไขให้เกิดขึ้นน้อยลงได้ โดยเก็บเกี่ยวหัวมันฝรั่งที่ครบอายุเพื่อให้ผิวหนาไม่ถลอกง่าย ป้องกันการเกิดรอยแผล ให้หัวมีโอกาสสมานรอยแผลก่อนที่จะลดอุณหภูมิลงต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หลีกเลี่ยงการแตกหน่อ มีการถ่ายเทอากาศดีและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต้องสูง (ศิริพร, 2540) นอกจากนี้กระบวนการหายใจนั้นเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของหัวมันฝรั่ง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เป็นกระบวนการที่หัวมันฝรั่งใช้พลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ จึงทำให้เกิดการดึงอาหารสะสมในรูปของแป้ง ซึ่งสะสมในพลาสติด (plastid) ที่เรียกว่า อะไมโลพลาสต์ (amyloplast) มาใช้อยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้การคายน้ำของหัวมันฝรั่งยังเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้หัวมันฝรั่งสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการเก็บรักษามีผลต่อการสูญเสียน้ำในหัวมันฝรั่ง ซึ่งอุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอปฏิกิริยาเคมีต่าง และยังสามารถลดการคายน้ำของหัวมันฝรั่งได้ (จริงแท้, 2544) เนื่องจากความดันไอน้ำของน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้น

หมายความว่าที่อุณหภูมิสูง อากาศสามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (คนัย, 2540) โดย Rastovski et al. (1981) รายงานว่า ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยให้หัวมันฝรั่งเกิดการสูญเสีย เนื่องจากการระเหยของน้ำน้อยลง แต่ไม่เหมาะกับการรักษามันฝรั่งจำนวนมาก และ Khanbari and Thompson (1996) พบว่า การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 สัปดาห์ มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.3-2.7 เปอร์เซ็นต์ และ 3.4-6.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Razzaque and Roy (1997) ทำการทดลองกับหัวมันฝรั่ง พบว่ามันฝรั่งเกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 65 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 12.5 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นถึง 47.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 160 วัน

2. การสูญเสียจากการหายใจ หัวมันฝรั่งเป็นสิ่งมีชีวิต ดังนั้นต้องมีการหายใจโดยใช้ออกซิเจนที่อยู่รอบๆ และพร้อมกันนี้ คาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) จะถูกนำมาเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน รวมทั้งความร้อน ถ้าหัวมันฝรั่งมีอัตราการหายใจสูง การสูญเสียคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลในหัวมันฝรั่งจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาจึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมกระบวนการหายใจของมันฝรั่งให้น้อยที่สุด โดยเก็บรักษาหัวมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส (Rastovski et al., 1981) อุณหภูมิของหัว ถ้าต้องการลดอัตราการหายใจของหัว อุณหภูมิในโรงเก็บควรจะต่ำ 4-8 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการขาดออกซิเจนของหัวโดยจัดให้มีการหมุนเวียนของอากาศ เพื่อถ่ายเทก๊าซ CO_2 ออก แล้วให้ O_2 เข้าแทนที่ เพื่อไม่ให้หัวเกิดโรค (ศิริพร, 2540) แต่ถ้าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเกินไปประมาณ 2 องศาเซลเซียส จะทำให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลและเป็นผลเสียต่ออุตสาหกรรมการผลิตมันฝรั่งทอด (potato chip) เป็นอย่างมาก โดยทำให้ potato chip ที่ได้มีสีน้ำตาลหรือดำ (จริงแท้, 2544)

3. การสูญเสียจากการแตกหน่อ การเจริญของหน่อทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการสูญเสียน้ำ และมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น โดยคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปของแป้ง จะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการหายใจและสร้างส่วนต่างๆ ของหัวมันฝรั่ง (จริงแท้, 2544) ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาจึงควรป้องกันการแตกหน่อ หรือการงอกของหัวมันฝรั่งให้ได้ โดยเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่พ้นระยะพักตัวไว้ที่อุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียส แต่ถ้าหากต้องการเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ เช่น ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาองค์ประกอบทางเคมีของหัวมันฝรั่งควรใช้สารยับยั้งการแตกหน่อ (sprout inhibitor) ร่วมด้วย ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิบางระดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 16-20 องศาเซลเซียส จะกระตุ้นการเจริญของตามากที่สุด ทำให้ตางอกได้เร็ว และพบว่าอัตราการเจริญของต้นอ่อนที่งอกจากหัวใหญ่ จะเร็วกว่าการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่งอกจากหัวขนาดเล็ก ถ้ามีความชื้นสูงจะทำให้ระยะเวลาการพักตัวของหัวมันฝรั่งสั้นลง (ธงไชย, 2529) ส่วนความชื้นก็

สามารถส่งเสริมการเจริญของหน่อได้ การเจริญของหน่อจะถูกยับยั้งได้โดยเก็บรักษาหัวที่อุณหภูมิต่ำ เก็บรักษาหัวในสภาวะที่แห้ง ใช้สารยับยั้งการแตกหน่อ และให้หัวถูกแสง (ศิริพร, 2540)

4. การสูญเสียจากเชื้อราและแบคทีเรีย การป้องกันความเสียหายจากสาเหตุนี้ ในระหว่างการเก็บเกี่ยว ต้องระมัดระวังไม่ให้หัวมันฝรั่งเกิดการถลอกหรือทำให้เกิดแผลน้อยที่สุด แต่ถ้ามีบาดแผลเกิดขึ้น เราควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำก่อน เพื่อให้หัวมันฝรั่งผ่านกระบวนการสมานรอยแผล (curing) นอกจากนี้ ควรเก็บหัวมันฝรั่งในสภาพที่ความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสม ซึ่งมีส่วนช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรียได้อย่างมาก (Mondy et al., 1963) ซึ่ง สายชล (2528) รายงานว่า พืชหัวหลังจากทำการเก็บเกี่ยวแล้วต้องมีการสมานแผล โดยนำไปเก็บไว้ในสภาพที่มีความชื้น และอุณหภูมิเหมาะสมเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรค และเกิดการเน่าเสีย เช่นเดียวกับที่ Salunkhe and Desai (1984) รายงานว่า การสมานแผลที่อุณหภูมิประมาณ 8-20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยลดการสูญเสียจากเชื้อจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษาได้ แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดหยดน้ำบริเวณบนหัวมันฝรั่งในระหว่างการสมานแผล

5. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ในระหว่างการเก็บรักษา แป้งในหัวมันฝรั่งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล หรือในทางกลับกัน น้ำตาลในหัวมันฝรั่งอาจเปลี่ยนเป็นแป้งได้ กระบวนการดังกล่าวอาศัยเอนไซม์เป็นตัวควบคุมและเอนไซม์เหล่านี้ จะทำกิจกรรมได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นสำคัญ (Schwartz et al., 1961) น้ำตาลที่พบในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่ได้แก่ซูโครส กลูโคสและฟรุกโทส ซึ่งจริงแท้ (2544) รายงานว่า น้ำตาลทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถเปลี่ยนรูปกันได้ด้วยเอนไซม์หลายชนิด เช่น invertase ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนซูโครสไปเป็นกูลโคสและฟรุกโทส หรือจากการทดลองของ Illeperuma et al. (1998) พบว่า การทำงานของเอนไซม์ sucrose phosphate synthase (SPS), sucrose synthase (SS) และ invertase จะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปกติ เมื่อทำการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน แต่เมื่อทำการย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ (2.53 kPa) จะทำให้การทำงานของเอนไซม์ invertase และ SPS ลงลด แต่ทำให้เอนไซม์ SS มีการทำงานเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในหัวมันฝรั่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทั้งนี้มันฝรั่งสะสมอาหารอยู่ในรูปของแป้ง เมื่อนำไปปลูกและงอกแป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการหายใจและสร้างส่วนต่างๆ ของหัวมันฝรั่ง ในระหว่างการเก็บรักษาแป้งอาจเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลได้ทั้งๆ ที่ยังไม่มีการงอกเกิดขึ้นถ้าหากเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 2 องศาเซลเซียส แต่จะเปลี่ยนกลับเป็นแป้งได้เมื่อย้ายกลับมาที่อุณหภูมิสูงขึ้นปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลเสียต่ออุตสาหกรรมการผลิต potato chip เพราะมันฝรั่งที่มีน้ำตาลอยู่มากเมื่อนำไปทอด น้ำตาลจะ

เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำทำให้ได้ potato chip ที่มีคุณภาพต่ำสันนิษฐานกันว่าปรากฏการณ์ที่แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในมันฝรั่งดังกล่าว จะทำให้มันฝรั่งสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ระหว่างฤดูหนาวในเขตอบอุ่นได้มากขึ้น เพราะเมื่อปริมาณน้ำตาลภายในเซลล์สูงขึ้นจุดเยือกแข็งจะลดลง (จริงแท้, 2544) หรือ Moore et al. (1968) รายงานว่า อุณหภูมิต่ำทำให้มีการสะสมน้ำตาลในหัวมันฝรั่งมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งจะมีรสหวานขึ้นแต่จะมีสีคล้ำ เมื่อนำไปแปรรูปในกรณีที่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย ดังนั้นหัวมันฝรั่งที่จะเก็บรักษาไว้เพื่อการแปรรูปเป็นมันแท่งหรือมันแผ่น จึงมักเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียสก่อน หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส นาน 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งลดต่ำลง เนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ แต่การกระทำเช่นนี้ มักไม่ได้ผลในกรณีที่หัวมันฝรั่งมีน้ำตาลอยู่สูงมากๆ (ศิริพร, 2540) ซึ่ง Salunkhe and Desai (1984) กล่าวว่า อุณหภูมิประมาณ 10-12.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

สิ่งที่ควรคำนึงในการเก็บรักษามันฝรั่ง

1. อุณหภูมิ อุณหภูมิภายในกองมันฝรั่งไม่ควรจะสูงเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการเน่าในโรงเก็บได้ เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีการหายใจ เมื่ออุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นควรมีการลดอุณหภูมิในโรงเก็บมันฝรั่ง

2. ความชื้นในอากาศ ถ้าความชื้นในอากาศสูง และอุณหภูมิสูงด้วยจะทำให้หัวมันฝรั่งที่เป็นแผลหายช้ากว่าปกติและเป็นเหตุให้เชื้อราหรือแบคทีเรียเข้าทำลายหัวมันฝรั่งได้ง่ายเน่าเสียได้เร็ว

3. แสง เมื่อหัวมันฝรั่งถูกแสง จะทำให้หัวมันฝรั่งสร้างคลอโรฟิลล์และผิวจะเป็นสีเขียว ทำให้คุณภาพของหัวมันฝรั่งต่ำลงและเป็นพิษต่อผู้บริโภคด้วย

การปรับปรุงสภาพในโรงเก็บมันฝรั่ง

ใช้อากาศเย็นจากภายนอกเข้ามาทำให้อุณหภูมิภายในโรงเก็บต่ำลง รักษาอุณหภูมิภายนอกและภายในกองมันฝรั่งให้เท่ากัน โดยเก็บเป็นชั้นบางๆหลีกเลี่ยงไม่ให้หัวมันฝรั่งถูกแสงแดดโดยตรง โรงเก็บควรมีการถ่ายเทอากาศดี (ประเสริฐ, 2541)

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำหัวมันฝรั่งไปใช้ประโยชน์ ในกรณีที่นำมันฝรั่งไปใช้ทำมันฝรั่งทอดกรอบ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ จะทำให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งเมื่อนำมา

ทอด จะทำให้ได้มันฝรั่งทอดกรอบที่มีสีคล้ำ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโนที่มีอยู่ในเนื้อมันฝรั่ง ส่วนมันฝรั่งที่จำหน่ายสด หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 7 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งที่จะนำไปทำพันธุ์ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม คือ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำได้ดี โรงเก็บรักษามันฝรั่งนั้น มีหลายลักษณะด้วยกัน ซึ่งผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพเศรษฐกิจและสภาพของท้องที่ในประเทศไทย เกษตรกรมักเก็บรักษาหัวมันฝรั่งในโรงเก็บรักษาแบบง่ายๆ ที่มีหลังคาป้องกันแดดและฝน ลักษณะภายในจะมีชั้นไม้ไผ่หรือชั้นที่ทำด้วยลวดตาข่ายสำหรับวางมันฝรั่ง ในพื้นที่โรงเก็บรักษา 1 ตารางเมตร ไม่ควรเก็บรักษามันฝรั่งเกิน 75-100 กิโลกรัม บริเวณด้านข้างของโรงเก็บรักษามีลักษณะโปร่งและใช้ตาข่ายชนิดละเอียดป้องกันแมลงได้ โรงเก็บรักษาควรจะมีการพรางแสงได้พอสมควร เพราะถ้ามันฝรั่งได้รับแสงมากเกินไปอาจจะเกิดการงอกได้และหัวมีสีเขียว แต่ถ้ามืดเกินไปหัวจะเสียคุณภาพ เช่น จะนิ่มลง เพดานควรอยู่ห่างจากมันฝรั่งไม่น้อยกว่า 1 เมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศดี (ประเสริฐ, 2541)

ในแถบประเทศยุโรปนั้น ลักษณะโรงเก็บจะเป็นโรงทึบ โดยพื้นของโรงเก็บจะมีช่องระบายอากาศ นอกจากนั้นอาจจะมีท่อน้ำเย็นไหลอยู่ด้านล่างเพื่อลดอุณหภูมิ ในบางลักษณะจะมีท่อระบายอากาศทางด้านข้าง เพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศจากด้านบนกลับลงมาสู่ด้านล่าง โรงเก็บรักษาแบบทึบนี้ จะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมภายในโรงด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนและการระบายอากาศ อาจจะต้องมีการติดพัดลมเพื่อช่วยให้ระบบการหมุนเวียนของอากาศดีขึ้น (นิธิยาและคนัย, 2533) การระบายอากาศอาจเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยธรรมชาติ หรือจากพัดลม ความจุของการระบายอากาศที่แนะนำควรจะไม่ต่ำกว่า 50-80 ลูกบาศก์เมตรอากาศต่อ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ที่นิยมมักจะอยู่ที่ 100-120 ลูกบาศก์เมตรอากาศต่อ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความร้อนที่เกิดขึ้นในกองหัวมันฝรั่งถูกประมาณว่าเท่ากับ 860 kcal/1,000 กิโลกรัม/องศาเซลเซียส และความจุของความเย็นที่ต้องการจะเท่ากับประมาณ 80-120 kcal/1,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง วิธีการระบายอากาศ (แบบพัดลม หรือหมุนเวียนของอากาศแบบธรรมชาติ) ถ้าเป็นแบบพัดลมสามารถกองหัวมันฝรั่งได้สูงถึง 3-4 เมตร แต่ถ้าเป็นแบบธรรมชาติ ควรแบ่งกระสอบหัวมันฝรั่งออกเป็นกองย่อยจัดเป็นแถว (2 กระสอบ) แต่ละแถวห่างกัน 30-40 เซนติเมตร และความสูงในแต่ละแถวควรจะต่ำกว่า 3 เมตร (ศิริพร, 2540)

การป้องกันการงอกของหัวมันฝรั่ง

ในเขตอบอุ่น มันฝรั่งที่ใช้ในการบริโภคนิยมใช้สารระงับการงอก เพื่อช่วยให้เก็บรักษาได้นานโดยไม่มีการงอก ตามปกติหัวพันธุ์มันฝรั่งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3.5-4.5 องศา-

เซลเซียส จะไม่มีปัญหาเรื่องการงอกในช่วงระยะ 8 เดือนแรก แต่ในกรณีที่เก็บเพื่อนำหัวมันฝรั่งไปทำมันทอดกรอบ หรือทำแป้งอัดเม็ด อาจจะมีปัญหาเรื่องการงอก เพราะต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เพื่อรักษาคุณภาพให้มีปริมาณแป้งสูงและน้ำตาลต่ำ ความจริงการงอกของหัวมันฝรั่งไม่มีผลต่อคุณค่าทางอาหารของมันฝรั่ง แต่มีผลต่อลักษณะของหัว ซึ่งมักไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด สารระงับการงอกที่สถาบันควบคุมอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ได้ ได้แก่

1. มาเลอิคไฮดราไซด์ (Maleic Hydrazide) สารเคมีชนิดนี้ใช้กับมันฝรั่งขณะที่ยังอยู่ในแปลงปลูกประมาณ 3 สัปดาห์ ก่อนการเก็บเกี่ยว ใช้ในอัตรา 2.6 ลิตร ต่อน้ำ 100-140 ลิตร ในพื้นที่ 6.25 ไร่ ใช้ได้ผลดีมาก ห้ามใช้กับหัวพันธุ์โดยเด็ดขาด

2. CIP (Isopropyl N–(3 chlorophenyl) carbamate) การใช้สารนี้ ใช้วิธีการรมควันหัว มันฝรั่งหลังเก็บเกี่ยวแล้ว โดยกระทำก่อนการผึ่งให้แห้งหรืออาจจะรมในโรงเก็บก็ได้ ถ้าหัวมันฝรั่งเริ่มงอกแล้วสารนี้จะไม่มีผลในการระงับการงอกนั้น อัตราส่วนที่ใช้คือ 0.25 ลิตร ต่อหัวมันฝรั่ง 10 ลูกบาศก์เมตร ในระหว่างการรมต้องมีการเคลื่อนที่ของอากาศในอัตรา 3,370-6,740 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาทีต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือใช้วิธีจุ่มหัวมันฝรั่งลงในสารละลายของสารนี้ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ก็ได้

3. การฉายรังสีแกมมา ใช้ในอัตรา 5-15 krad หลังการผึ่งแห้งแล้ว (นิธิยาและคนัย, 2533)

ปริมาณสารอาหารในหัวมันฝรั่ง

มันฝรั่งมีองค์ประกอบของสารอาหารในลักษณะหัวสดดังนี้ คือ มีความชื้น 63-83 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 13-30 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.7-4.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.02-0.96 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าประมาณ 0.44 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่มีในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่จะเป็นสตาร์ช นอกจากนี้จะเป็นน้ำตาล ได้แก่ ซูโครส กลูโคสและฟรุกโทส ส่วนที่เหลือจะเป็นเซลลูโลส สารพวกเพกตินและเฮมิเซลลูโลส เป็นต้น สำหรับโปรตีนที่มีในหัวมันฝรั่งจะมีกรดอะมิโนไลซีนมากกว่าธัญพืช แต่มีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ในโมเลกุลอยู่ต่ำกว่าธัญพืช ดังนั้น การบริโภคมันฝรั่งร่วมกับธัญพืชจะช่วยให้ได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดีขึ้นได้ (นิรนาม, 2539)

มันฝรั่งเป็นแหล่งวิตามินซี และจะมีมากในหัวมันฝรั่งสดโดยมีถึง 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมากกว่าแครอท หัวหอมและฟักทอง แต่เมื่อนำไปแปรรูปจะมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง รวมทั้งการเก็บรักษาไว้นาน ก็จะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง เช่นกัน นอกจากนี้ มันฝรั่งยังมีวิตามินบี ได้แก่ ไทอะมีน 0.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนที่กินได้ ไนอะซีน 1.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และไรโบฟลาวิน 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม มันฝรั่งยัง

เป็นแหล่งของเกลือแร่ที่สำคัญ คือ เหล็ก 0.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แคลเซียม 7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ฟอสฟอรัส 53 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และโพแตสเซียม 407 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Nonnecke, 1989)

สารพิษที่พบในหัวมันฝรั่งได้แก่ ไกลโคแอลคาลอยด์ (glycoalkaloids) หากมีปริมาณมากจะเป็นตัวป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย (Percival and Bain, 1999) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ คอลีนเอสเทอเรส (cholinesterase) ทำให้เกิดอาการปวดหัว อาเจียน ท้องเสีย หรือมีอาการป่วยหนักมากขึ้น ถ้าบริโภคจำนวนมากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ซึ่งสารนี้จะมีในหัวมันฝรั่งประมาณ 0.01-0.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง และความร้อนจะไม่สามารถทำลายสารนี้ได้ แต่อย่างไรก็ตาม การบริโภคมันฝรั่งเป็นอาหารหลักในปริมาณปกติทั่วไปจะไม่ทำให้ผู้บริโภคได้รับโทษจากสารนี้ นอกจากนั้นมันฝรั่งยังมีสารยังยั้งการใช้ประโยชน์ของโปรตีนหลายชนิด ได้แก่ สารยับยั้งการทำงานของทริปซิน และไคโมทริปซิน เป็นต้น แต่สารเหล่านี้จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อน จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่จะบริโภคหัวมันฝรั่งสุก หรือผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการอื่นๆ มาก่อนแล้ว (นิรนาม, 2539)

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในหัวมันฝรั่ง

1. แป้ง (starch) ที่พบในหัวมันฝรั่ง มีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิด คือ อะไมโลสและอไมโลเพกทิน (Salunkhe and Desai, 1984) โดยอะไมโลสเป็น polymer ของกลูโคสที่มาต่อกันแบบโซ่ตรง (linear chain) ยาวประมาณ 500-6,000 หน่วย และจับกันด้วยพันธะ α-1, 4 glycosidic ส่วนอไมโลเพกทินจะมีโครงสร้างเพิ่มเติมจากโครงสร้างของอะไมโลส คือ มีการแตกกิ่งก้านสาขา โดยจุดที่มีการแตกกิ่งก้านสาขาจะเกิดพันธะที่เรียกว่า พันธะ α-1, 6 glycosidic (Smith, 1977) เมื่อนำแป้งมาไฮโดรไลส์ (hydrolyze) โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โมเลกุลของแป้งจะค่อยๆ มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ ถ้าปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์จะได้เป็นกลูโคส (Kays, 1991)

$$\text{แป้ง} + H_2O \xrightarrow{\text{ไฮโดรลิซิส}} \text{กลูโคส}$$

ซึ่ง Salunkhe and Desai (1984) รายงานว่า อัตราส่วนระหว่างอะไมโลสต่ออไมโลเพกทินในหัวมันฝรั่งคือ 1:3 และ Sterling and Pangborn (1960 อ้างโดย Smith, 1977) รายงานว่า ขนาดของเมล็ดแป้งจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 22-32 มิลลิไมครอน และยาวอย่างน้อย 400 มิลลิไมครอน ปริมาณแป้งในมันฝรั่งจะเพิ่มขึ้นตามความบริบูรณ์ ขนาดและอุณหภูมิ

การเก็บรักษา ซึ่ง (Samotus and Palasinski, 1964) รายงานว่า หัวมันฝรั่งที่มีขนาด 50-80 กรัม มีปริมาณแป้งสูงกว่าหัวมันฝรั่งขนาด 25-30 กรัม ซึ่ง ศิริพร (2540) รายงานว่า ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลมากกว่าที่อุณหภูมิสูง ในระหว่างการเก็บรักษาแป้งในหัว จะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล หรือในทางกลับกัน น้ำตาลในหัวจะเปลี่ยนเป็นแป้งก็ได้ ซึ่งขบวนการดังกล่าวอาศัยเอนไซม์เป็นตัวควบคุมและเอนไซม์เหล่านี้มีอุณหภูมิเป็นตัวควบคุม ที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดการสะสมน้ำตาลในหัวมากกว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ถ้าเก็บหัวไว้ที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งจะมีรสหวานขึ้น ดังนั้นหัวมันฝรั่งที่จะเก็บไว้ใช้ในการแปรรูปเป็นมันแท่งทอด หรือมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จึงมักเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่สูงในหัวมันฝรั่งสามารถลดให้ต่ำลงได้ โดยนำหัวนั้นไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส นาน 1-2 สัปดาห์ เพราะปริมาณน้ำตาลจะถูกนำไปใช้ในขบวนการหายใจมากขึ้น แต่การทำเช่นนี้ก็ไม่ได้ให้ผลที่ดีในการลดปริมาณน้ำตาลในหัวที่มีอยู่สูงมากๆได้ เช่นเดียวกับที่ (Samotus and Palasinski, 1964) รายงานว่า หัวมันฝรั่งที่ถูกย้ายจากอุณหภูมิ 0 ไปยัง 20 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์แป้งขึ้นมาใหม่และในขณะเดียวกัน จะมีการสลายตัวของน้ำตาลเชิงเดี่ยว (monosaccharide) และซูโครส เกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้ Smith (1977) รายงานว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความถ่วงจำเพาะมีผลต่อการแปรรูป คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความถ่วงจำเพาะจะเป็นดัชนีบอกปริมาณแป้งในหัวมันฝรั่ง หากมีค่าสูงแสดงว่ามีปริมาณแป้งภายในสูง หัวมันฝรั่งที่มีแป้งสูงนั้นเมื่อนำมาแปรรูปหรือประกอบอาหารมีคุณสมบัติที่มีหลายประการ คือ ทำให้ผลผลิตของการแปรรูป มีการดูดซึมไขมันต่ำและผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อนุ่มเนียนน่ารับประทาน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมันฝรั่งที่มีแป้งน้อย มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีเนื้อหยาบและมีรสชาติไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2. น้ำตาล (sugars) ส่วนใหญ่ที่พบในหัวมันฝรั่งได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุกโทส การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ในมันฝรั่ง น้ำตาลในมันฝรั่ง คือ น้ำตาลซูโครส เมื่อไฮโดรไลส์ซูโครสในกรด HCl จึงได้กลับมาเป็นกลูโคสและฟรุกโทส (Kays, 1991) นอกจากนี้น้ำตาลรีดิวซ์ที่พบในพืชได้แก่ กาแลกโทส (galactose) แมนโนส (mannose) ไรโบส (ribose) และไซโลส (xylose) ส่วนซูโครสและราฟฟีโนสไม่ใช่น้ำตาลรีดิวซ์ (non-reducing sugar) (จริงแท้, 2544)

$$\text{ซูโครส} + \text{น้ำ} \xrightarrow{\text{ไฮโดรลิซิส}} \text{กลูโคส} + \text{ฟรุกโทส}$$

ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุการเจริญเติบโต อุณหภูมิแหล่งที่ปลูกและอุณหภูมิการเก็บรักษาด้วย มันฝรั่งที่ปลูกในแหล่งที่มีอุณหภูมิระหว่าง 15.6-18.3 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์น้ำตาลต่ำ แต่จะมีการสะสมแป้งภายในหัวสูง (Samotus and Palasinski, 1964) ซึ่งในช่วงแรกของการสร้างหัวจะมีการสะสมน้ำตาลซูโครสที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ต่อจากนั้นน้ำตาลซูโครสก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งโดยเอนไซม์ UDPG-fructose tranglycosylase และ UDPG : starch glycosyl transferase การสะสมแป้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่แก่สมบูรณ์และเมื่อกระบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลงแล้ว แป้งภายในหัวก็จะถูกสลายกลายเป็นน้ำตาลอีกครั้งหนึ่ง (สายชล, 2528) และ Yamaguchi and Wu (1973) รายงานว่า มันฝรั่งที่ปลูกในแหล่งที่มีอุณหภูมิระหว่าง 15.6-18.3 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์น้ำตาลต่ำ แต่จะมีการสะสมแป้งภายในหัวสูง เช่นเดียวกันปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งจะขึ้นอยู่กับความอ่อนแก่ อุณหภูมิที่ปลูกและอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยน้ำตาลรีดิวซ์จะถูกสะสมมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Pringle et al., 2009) นอกจากนี้ น้ำตาลในหัวมันฝรั่งทำให้เกิดรสหวานในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคชื่นชอบ แต่ถ้ามีการใช้ความร้อนในการผลิต การมีน้ำตาลสะสมในหัวมันฝรั่งสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ได้มีสีคล้ำเข้ม เนื่องจากความร้อนไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน หรือโปรตีนในหัวมันฝรั่งที่เรียกว่าปฏิกิริยา Maillard ห้เกิดขึ้นได้ง่าย ผลของปฏิกิริยานี้คือ สารสีน้ำตาล ดังนั้นความเข้มของสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดจะมากหรือน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นกับปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ในหัวมันฝรั่ง กล่าวคือ ถ้าในหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากย่อมจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มข้น ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (สินธนา, 2541)

Mitchell and Rultedge (1973) ศึกษามันฝรั่งที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลามากกว่า 1 เดือนจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะระดับอุณหภูมิดังกล่าวจะเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของ phosphorylase ในการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล นอกจากนี้ในการแปรรูปมันฝรั่งเป็นผลิตภัณฑ์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการแปรรูปนั้นต้องผ่านการให้ความร้อน น้ำตาลรีดิวซ์จะเป็นสาเหตุของการทำให้เกิดสีอันไม่พึงประสงค์แก่ผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้เกิดสีคล้ำระหว่างการแปรรูป เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์ สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน กรดแอสคอบิกและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจนทำให้เกิดสารสีน้ำตาลในที่สุดซึ่ง ปฏิกิริยานี้ เรียกว่า Maillard reaction นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลกับผลิตภัณฑ์ที่มีสาเหตุเนื่องจากน้ำตาลอีกลักษณะหนึ่งคือ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยา Caramelization ซึ่งเกิดจากการที่น้ำตาลได้รับความร้อนจากการแปรรูปที่ระดับอุณหภูมิสูงๆ เช่นการอบ การทอด ดังนั้นถ้าหากมันฝรั่งหรือเผือกมี

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในหัวสูง โอกาสที่จะเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผลิตภัณฑ์เนื่องจาก Maillard reaction และ Caramelization ก็สูงด้วยเช่นกัน (Iritani and Weller, 1980)

3. โปรตีน (proteins) ในหัวมันฝรั่งจะมีปริมาณโปรตีน 1-2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักหัวแห้ง) ระกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 21 ชนิด ได้แก่ cysteine, aspartic acid, glutamic acid, serine, glycine, asparagine, threonine, alanine, glutamine, amino n-butyric acid, histidine, arginine, lysine, proline, methionine sulfoxide, valine, isoleucine, methionine, pheylalanine, tryptophane และ tyrosine (Kays, 1991) ซึ่ง Smith (1977) รายงานว่า ในระหว่างการเจริญของหัวมันฝรั่ง จะมีปริมาณโปรตีนโกลบูลินเพิ่มขึ้น แต่โปรตีนกลูเตลิน จะมีปริมาณลดลงและเมื่อเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ปริมาณโปรตีนจะลดลงเช่นเดียวกับหัวมันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิ 2.8 องศาเซลเซียส โดยจะลดลงในช่วง 2-3 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา

4. เอนไซม์ (enyzmes) ที่พบในหัวมันฝรั่ง ได้แก่ amylase, phosphorylase, catalase, phosphatase, aldehydrase, tyrosinase, polyphenol oxidase, peroxidase, dehydrogenase, sistoamylase, glyoxalase และ zymohexase (Salunkhe and Desai, 1984) โดยบทบาทของเอนไซม์เหล่านี้ที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งมีอยู่หลายประการ เช่น Kays (1991) รายงานว่า amylase และ phosphorylase จะสร้างน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ส่วน tyrosinase จะมีบทบาททำให้สีของหัวมันฝรั่งจางลง ซึ่งรงควัตถุในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเม็ดสี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ คาโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ โดยคาโรทีนอยด์ เป็นสารที่ละลายในน้ำมัน มีช่วงสีจากเหลือง ส้ม และแดง เกิดในคลอโรพลาสและยังพบในโครโมพลาสด้วย พบในผักและผลไม้มากที่สุดจะเป็นชนิดเบต้า-คาโรทีน ซึ่งมีสีเหลือง ในเนื้อมันฝรั่งที่มีสีเหลืองจะมีคาโร-ทีนนอยด์อยู่ 0.014-0.054 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม คาโรทีนนอยด์ จะมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เนื่องจากมีพันธะคู่มากจึงสามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ซึ่งจะมีผลให้สีจางลง ส่วนฟลาโวนอยด์ที่มีในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่เป็นพวกแอนโธแซนติน ซึ่งมีสีขาวนวลจนถึงสีขาวเหลือง (เทวิน, 2529) นอกจากนี้ Heisler et al. (1964) รายงานว่า ตามปกติ amylase จะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลในหัวมันฝรั่งอย่างรวดเร็ว แต่ถ้ามีเอนไซม์ β-amylase ในปริมาณต่ำ จะทำให้การสร้างน้ำตาลเป็นไปอย่างช้าๆ ขณะที่ peroxidase เป็นเอนไซม์ที่ทนความร้อนสูง นิยมใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีอยู่ในหัวมันฝรั่ง ส่วน polyphenol oxidase นั้นเป็นเอนไซม์ที่จะทำงานเมื่อมีการตัดแต่งหัวมันฝรั่ง ทำให้สัมผัสกับอากาศได้โดยตรงจึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการออกซิไดส์และเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล

5. โซลานีน (solanines) เป็นสาร stearoid ที่ละลายใน acidified alcohol และละลายได้เล็กน้อยในสารละลายด่าง (Schwimmer and Burr, 1967) โดยเป็นสารพิษในหัวมันฝรั่งทำให้เกิดรสขม พบมากในส่วนของผิวและตามากกว่าภายในเนื้อหัวมันฝรั่ง (Smith, 1977) สำหรับการเป็นพิษนั้น Braun (1968 อ้างโดย Smith, 1977) รายงานว่า ต้องมีปริมาณโซลานีนมากกว่า 55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมขึ้นไป แต่โดยทั่วไปในหัวมันฝรั่งมักมีโซลานีนไม่เกิน 5-8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และในหัวที่โตเต็มที่ หรือหัวที่สมบูรณ์ จะไม่พบโซลานีน อย่างไรก็ตามโซลานีนสามารถทำลายได้ด้วยความร้อน การนำมันฝรั่งมาปรุงอาหารด้วยไอน้ำหรือต้มในน้ำร้อน สามารถลดปริมาณโซลานีนลงได้ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการนำมันฝรั่งมาทอดในน้ำมัน สามารถลดปริมาณโซลานีนลงได้ 52 เปอร์เซ็นต์

การแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (potato chip)

มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (potato chip) เป็นอาหารว่างที่นิยมบริโภคกันมากในยุโรป และอเมริกา มีขั้นตอนการทำดังนี้ คือ ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบางๆ มีลักษณะกลม ความหนาของชิ้นประมาณ 1/15-1/30 นิ้ว แล้วล้างชิ้นมันฝรั่งให้สะอาด ทำให้ชิ้นมันฝรั่งแห้ง ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การสลัดให้แห้งโดยมีลมเป่า ซับด้วยฟองน้ำ ใส่ในลูกกลิ้งหมุนใช้ลมเป่า ใช้เครื่องเหวี่ยงและใช้ลมร้อน เป็นต้น การทอดชิ้นมันฝรั่งโดยใช้หม้อทอดขนาดใหญ่ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ทำให้น้ำมันร้อนประมาณ 350-375 ฟาเรนไฮต์ น้ำมันที่ใช้อาจจะอยู่ในลักษณะไขมันหรือน้ำมัน แล้วแต่ราคา และท้องถิ่นที่โรงงานตั้งอยู่ เช่น น้ำมันเมล็ดฝ้าย ถั่วเหลือง ข้าวโพด ปาล์ม ถั่วลิสง ไขมันประเภทเนยขาวจากพืชหรือจากหมู ก็มีการใช้ทอดชิ้นมันฝรั่งได้ทั้งสิ้น ระยะเวลาในการทอดและสีของชิ้นมันฝรั่งเป็นสิ่งที่ต้องควบคุมให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงปริมาณของชิ้นมันฝรั่งที่ทอดในแต่ละครั้ง ซึ่งจะทำได้ 2 ระบบ คือ แบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง นำชิ้นมันฝรั่งทอดขึ้นจากหม้อทอด โรยเกลือและสารปรุงแต่งกลิ่นรสอื่น เช่น โมโนโซเดียม กลูตาเมต เป็นต้น บรรจุลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ขายและผู้บริโภค เช่น ใส่ถุงพลาสติกใหญ่ธรรมดา เพื่อขายให้แก่ภัตตาคาร โรงเรียน หน่วยงานบริการอาหารต่างๆ หรือใส่กล่องอย่างดีทำด้วยกระดาษบุอะลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อขายปลีกให้แม่บ้านและบุคคลทั่วไปบริโภคเป็นอาหารว่าง เป็นต้น (นิรนาม, 2539)

Smith (1977) รายงานว่า มันฝรั่งพันธุ์ Russet Burbank มีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ 0.0125 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแข็งทั้งหมด 19.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิ 375 ฟาเรนไฮต์ นาน 2-3 นาที แล้วผลปรากฏว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนซึ่งเป็นสีที่ดี นอกจากนี้ อรรถยาและคณะ (2542) ศึกษาวิธีการปรับปรุงสีของแผ่นมันฝรั่งทอดโดยใช้มันฝรั่งพันธุ์

แอตแลนติกที่สไลด์ให้มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร และแบ่งมันฝรั่งแผ่นออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที ก่อนทำการทอดแบบ Deep Fat Fry ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่าที่เวลา 3 นาที เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน กลุ่มที่สองแช่ NaCl 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที และล้างน้ำออกก่อนการนำไปทอด หลังจากทอดนำมาทดสอบเช่นเดียวกับกลุ่มการทดลองที่ 1 พบว่าที่เวลา 3 นาที เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน กลุ่มที่สามนำไปให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่ระดับกำลังเท่ากับ 3 เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที พบว่าที่เวลา 2 นาที เหมาะสมต่อการนำไปใช้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองโดยนำผลที่ดีที่สุดในแต่ละกลุ่มการทดลองมาทำการทดลองใหม่รวมทั้งนำตัวควบคุมมาเปรียบเทียบด้วย พบว่าการใช้น้ำร้อน 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาทีให้สีของแผ่นมันฝรั่งทอดดีที่สุดและรองลงมาตามลำดับคือ การใช้ไมโครเวฟที่เวลา 2 นาที น้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ 3 นาที และตัวควบคุม

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ

1. เครื่องปั่นแยกกาก ยี่ห้อ Moulinex
2. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Pharmacia Biotech
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BP2100S
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น 303 A SCS
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก 3 กิโลกรัม
6. เครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Minolta CR 200
7. เครื่องให้ความร้อนพร้อมระบบกวน (Magnetic stirrer) ยี่ห้อ Morat รุ่น M21/1
8. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Penetrometer) ยี่ห้อ Metex Hunter Spring
9. ตู้กำจัดไอกรด ยี่ห้อ Turbosog รุ่น TUR/K
10. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น 500
11. ตู้เย็น ยี่ห้อ Sharp รุ่น SJD-48H
12. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ Heto รุ่น DT1
13. Digital refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PAL-1
14. Thermo-hygograph meter
15. Wet-dry thermometer

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสาร ได้แก่ ปิเปตและเครื่องแก้วต่างๆ
2. อุปกรณ์ตัดแต่งลดขนาดตัวอย่าง ได้แก่ เขียงและมีด
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ถาดอะลูมิเนียมและคีมจับ
4. อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ อะลูมิเนียมฟอยล์และกระดาษชำระ
5. อุปกรณ์ด้านการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแป้ง

1. Zinc acetate 2 hydrate A.R. ($Zn(OAC)_2$) ยี่ห้อ AJAX
2. Potassium ferrocyanide ($K_4Fe(CN)_6$) ยี่ห้อ AJAX
3. Phosphotungstic acid A.R. ($H_3[P(W_3O_{10})]*H_2O$ ยี่ห้อ Himedia
4. Sodium hydroxide (NaOH) ยี่ห้อ AJAX
5. Potassium sodium tartrate ($KNaC_4H_4O_6 \cdot H_2O$) ยี่ห้อ AJAX
6. Dinitrosalicylic acid ($C_7H_4N_2O_7$) ยี่ห้อ Fluka
7. Phenol crystals (C_6H_6O) ยี่ห้อ Panreac
8. Sodium sulphite anhydrous A.R. (Na_2O_4S) ยี่ห้อ Fisher
9. Hydrochloric acid 37% (HCl) 1.5 N ยี่ห้อ Polabo
10. Standard glucose A.R. 0.1% ยี่ห้อ AJAX

วัสดุพันธุ์พืช

หัวมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ช่วงน้ำหนักหัว 180-260 กรัม

ห้องเย็น

เก็บรักษาและปรับสภาพหัวมันฝรั่ง

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

1. ระยะเวลาตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือนมกราคม 2551
2. สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการและอาคารคัดบรรจุผลิตผลเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การดำเนินงานทดลอง

1. นำหัวมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใช้แปรรูปมันฝรั่งทอดกรอบ โดยนำหัวมันฝรั่งมาจากสวนเกษตรกร ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ทำการคัดคุณภาพและคัดขนาดหัวมันฝรั่งให้ใกล้เคียงกัน ในช่วงน้ำหนัก 180-260 กรัมต่อหัว แล้วนำบรรจุลงในกระสอบ ขนส่งมายังอาคารคัดบรรจุผลิตผลเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2. นำหัวมันฝรั่งมาทำความสะอาดโดยใช้แปรงขนม้าปัด แล้วใช้ผ้าสะอาดเช็ดหัวมันฝรั่ง ก่อนบรรจุลงในตะกร้า นำไปผึ่งให้แห้งในห้องเย็น

การนำหัวมันฝรั่งผึ่งให้แห้ง (curing) หัวมันฝรั่งจะสร้างเพอริเดิม เพื่อซ่อมแซมแผลรักษาคุณภาพผิวของหัวมันฝรั่งเพื่อลดการสูญเสีย โดยนำไปเก็บในห้องเย็น อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อทำการทดลองต่อไป

วิธีการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของหัวมันฝรั่งระหว่างเก็บรักษาในห้องที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน

การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลง 4 ระยะเก็บรักษา คือ 0, 60, 120 และ 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ ทำการเก็บบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี โดยสุ่มหัวมันฝรั่งออกมาตรวจสอบทุกๆ 15 วัน จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 1 หัว แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple-range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาและอุณหภูมิในระหว่างการปรับสภาพต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

จัดการทดลองแบบ 3 x 4 Factorial วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 replications ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัย A หมายถึง ระยะเวลาเก็บรักษา มี 3 ระดับ ดังนี้

A_1 = ระยะเวลาเก็บรักษา 60 วัน

A_2 = ระยะเวลาเก็บรักษา 120 วัน

A_3 = ระยะเวลาเก็บรักษา 180 วัน

ปัจจัย B หมายถึง อุณหภูมิของการปรับสภาพ มี 4 ระดับ ดังนี้

B_1 = อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

B_2 = อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

B_3 = อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

B_4 = อุณหภูมิห้อง (ambient) 30 องศาเซลเซียส

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย (interaction) ประกอบด้วย 12 treatment combinations ดังนี้

A_1B_1 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 60 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

A_1B_2 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 60 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

A_1B_3 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 60 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

A_1B_4 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 60 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง

A_2B_1 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 120 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

A_2B_2 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 120 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

A_2B_3 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 120 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

A_2B_4 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 120 วัน
ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง

A_3B_1 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 180 วัน
ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

A_3B_2 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 180 วัน
ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

A_3B_3 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 180 วัน
ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

A_3B_4 = หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเก็บรักษา 180 วัน
ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง

ทำการเก็บบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี โดยสุ่มหัวมันฝรั่งออกมาตรวจสอบทุกๆ 10 วัน ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 หัว นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ไปวิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของหัวมันฝรั่ง

1. การสูญเสียน้ำหนัก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักแต่ละครั้ง})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. การวัดน้ำหนักแห้ง โดยวิธีการใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ได้ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่อบแห้ง 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 72 ชั่วโมง หรือจนได้น้ำหนักคงที่

$$\text{จากสูตรเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}$$

3. การเกิดโรค โดยการให้คะแนนซึ่งสังเกตจากการเน่าเสียและการเกิดเชื้อรา

0 คะแนน = ไม่มีการเกิดโรค

1 คะแนน = มีการเกิดโรค 1-25 เปอร์เซ็นต์ของผิวผล

2 คะแนน = มีการเกิดโรค 26-50 เปอร์เซ็นต์ของผิวผล

3 คะแนน = มีการเกิดโรค 51-75 เปอร์เซ็นต์ของผิวผล

4 คะแนน = มีการเกิดโรค 76-100 เปอร์เซ็นต์ของผิวผล

4. การวัดค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

จากสูตรความถ่วงจำเพาะ = น้ำหนักของหัวมันฝรั่งในอากาศ / น้ำหนักของหัวมันฝรั่งในอากาศ - น้ำหนักหัวมันฝรั่งในน้ำ

5. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (L* และ b*) โดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter) ค่าแสดงเป็น ค่า L* = The lightness factor และ b* = The chromaticity coordinate

L* = เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0 - 100 (0 = วัตถุมีสีดำ และ 100 = วัตถุมีสีขาว)

b* = เป็นค่าแสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดย b เป็นบวก (+) แสดงลักษณะสีเหลืองและ b เป็นลบ (-) แสดงลักษณะสีน้ำเงิน

6. การวัดความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Penetrometer) คิดเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยหัวกดแบบหัวกรวยกลม ที่มีหัวรับแรงกดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.2 เซนติเมตรและกดลึกประมาณ 1 เซนติเมตร

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของหัวมันฝรั่ง

1. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) โดยใช้เครื่อง Digital refractometer อ่านค่าได้เป็น เปอร์เซ็นต์

2. การตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar as glucose) โดย DNS-method อ่านค่าได้เป็น เปอร์เซ็นต์

3. การตรวจสอบปริมาณแป้ง ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) และ Miller (1956) มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์

การตรวจสอบคุณภาพของมันฝรั่งหลังทอด

โดยนำหัวมันฝรั่งที่ทำการทดลองมาปอกเปลือกแล้วสไลด์เป็นแผ่นบางๆ จากนั้นนำไปล้างให้สะอาดสะเด็ดน้ำ แล้วนำไปทอดในกระทะทองเหลือง โดยใช้น้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 190-200 องศาเซลเซียส นาน 1-2 นาที (Smith, 1977) แล้วนำแต่ละชิ้นไปจำแนกสีของมันฝรั่งหลังทอด โดยการเปรียบเทียบสีของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเลย์ (Lay) รสมันฝรั่งแท้ แผ่นเรียบ กับแผ่นเทียบสี ตามมาตรฐานของ USDA Color Standard for Frozen French Fried Potatoes โดยการให้คะแนน ซึ่งสังเกตสีมันฝรั่งทอด ดังนี้

1	คะแนน	=	สีขาวครีม
2	คะแนน	=	สีเหลืองอ่อน
3	คะแนน	=	สีเหลือง
4	คะแนน	=	สีน้ำตาลอ่อน
5	คะแนน	=	สีน้ำตาล

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของหัวมันฝรั่งระหว่างเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน

ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมี โดยสุ่มหัวมันฝรั่งออกมาตรวจสอบทุกๆ 15 วัน ได้ผลดังนี้ คือ

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของหัวมันฝรั่ง

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

หัวมันฝรั่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน มีค่าเท่ากับ 2.77, 4.03 และ 5.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 1 ภาพ 1)

1.2 น้ำหนักแห้ง

ค่าน้ำหนักแห้งมีแนวโน้มลดลง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีค่าน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน มีค่าเท่ากับ 25.21, 23.96 และ 22.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 1 ภาพ 2)

1.3 การเกิดโรค

ตลอดระยะเวลาในเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง ไม่ปรากฏโรคของมันฝรั่ง คือ มีค่าคะแนนการเกิดโรค เท่ากับ 0 คะแนน แต่พบการงอกของหัวมันฝรั่งภายหลังการเก็บรักษาที่ 135 วัน (ตาราง 1)

1.4 ค่าความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งมีแนวโน้มลดลง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60, 120 และ 180 วัน มีค่าเท่ากับ 1.088, 1.086 และ 1.084 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 1 ภาพ 3)

1.5 ค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่ง

ค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60, 120 และ 180 วัน มีค่าเท่ากับ 52.57, 49.93 และ 49.20 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 1 ภาพ 4)

1.6 ค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่ง

ค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60, 120 และ 180 วัน มีค่าเท่ากับ 0.368, 0.365 และ 0.364 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 1 ภาพ 5)

1.7 ค่าความแน่นเนื้อ

ค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลง แล้วคงที่และลดลงในภายหลังตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 และ 120 วัน มีค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน คือมีค่าเท่ากับ 0.69, 0.69 และ 0.63 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 1 ภาพ 6)

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของหัวมันฝรั่ง

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ระยะเวลาในการเก็บรักษา 0 ถึง 60 วัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในภายหลัง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน มีค่าเท่ากับ 7.17, 6.07 และ 5.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 1 ภาพ 7)

2.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในภายหลัง โดยระยะเวลาการในเก็บรักษา 120 วัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 และ 180 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.011, 0.023 และ 0.019 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 1 ภาพ 8)

2.3 ปริมาณแป้ง

ปริมาณแป้งมีแนวโน้มลดลง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.05, 10.12 และ 8.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 1 ภาพ 9)

3. การตรวจสอบคุณภาพสีของหัวมันฝรั่งหลังทอด

คุณภาพสีของมันฝรั่งหลังทอดทุกช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษา 60, 120 และ 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีคะแนนสีของมันฝรั่งหลังทอดสูงสุด เท่ากับ 5 คะแนน (สีน้ำตาล) จัดเป็นระดับของสีที่ต่ำกว่ามาตรฐานการเปรียบเทียบสีของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเลย์ กับมาตรฐานของ USDA Color Standard for Frozen French Fried Potatoes (ภาพผนวก 6)

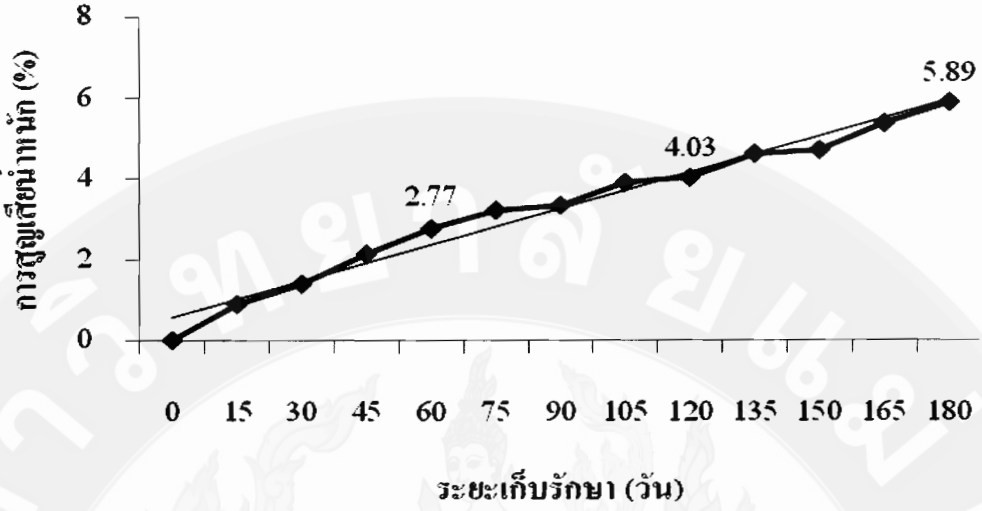
ตาราง 1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของหัวมันฝรั่งระหว่างเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 60, 120 และ 180 วัน

Treatment (days)	Weight loss (%)	Disease (Level)	Specific gravity -	L* -	b* -	Firmness ($kg./cm^2$)	TSS (%)	Dry weight (%)	Reducing sugar (%)	Starch (%)
0	0^{d}	0	1.093	51.65	0.364	0.79^{a}	4.97^{c}	24.57^{ab}	0.004^{b}	17.50^{a}
60	2.77^{c}	0	1.088	52.57	0.368	0.69^{b}	7.17^{a}	25.21^{a}	0.011^{ab}	17.05^{a}
120	4.03^{b}	0	1.086	48.93	0.365	0.69^{b}	6.07^{b}	23.96^{ab}	0.023^{a}	10.12^{b}
180	5.89^{a}	0	1.084	49.20	0.364	0.63^{c}	5.87^{b}	22.61^{b}	0.019^{a}	8.80^{c}
LSD	*	-	ns	ns	ns	*	*	*	*	*
C.V. %	0.91	-	0.60	6.75	1.36	1.48	5.33	5.15	12.20	4.90

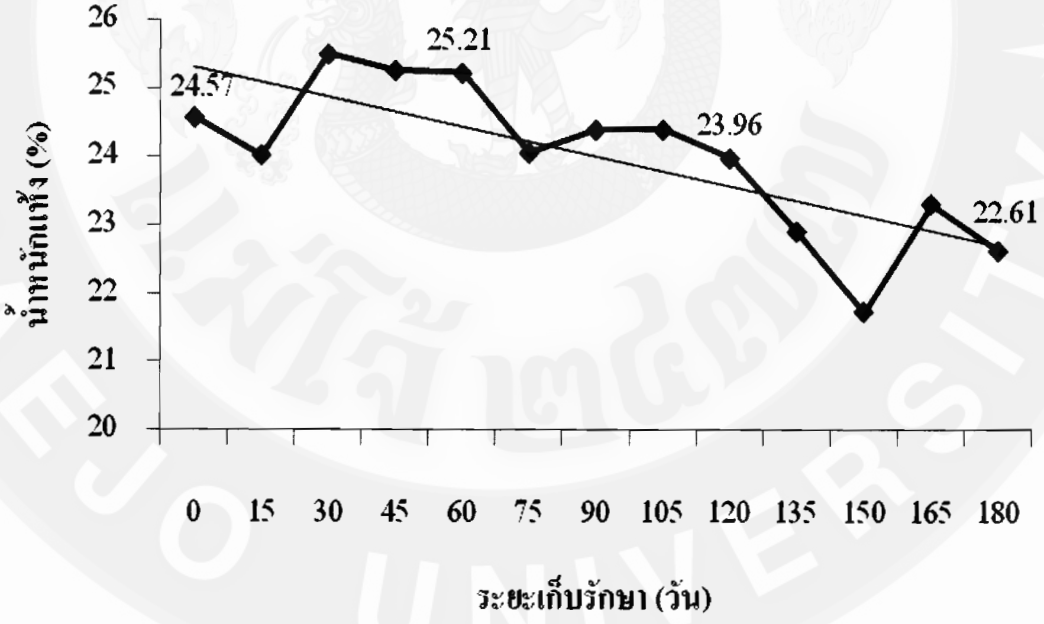
หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

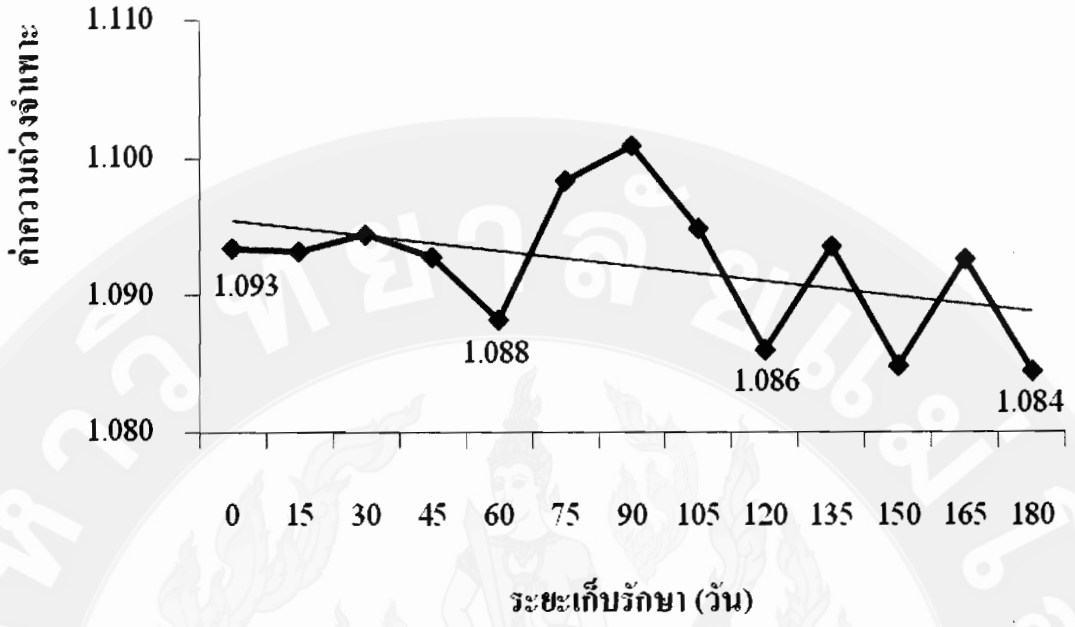
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



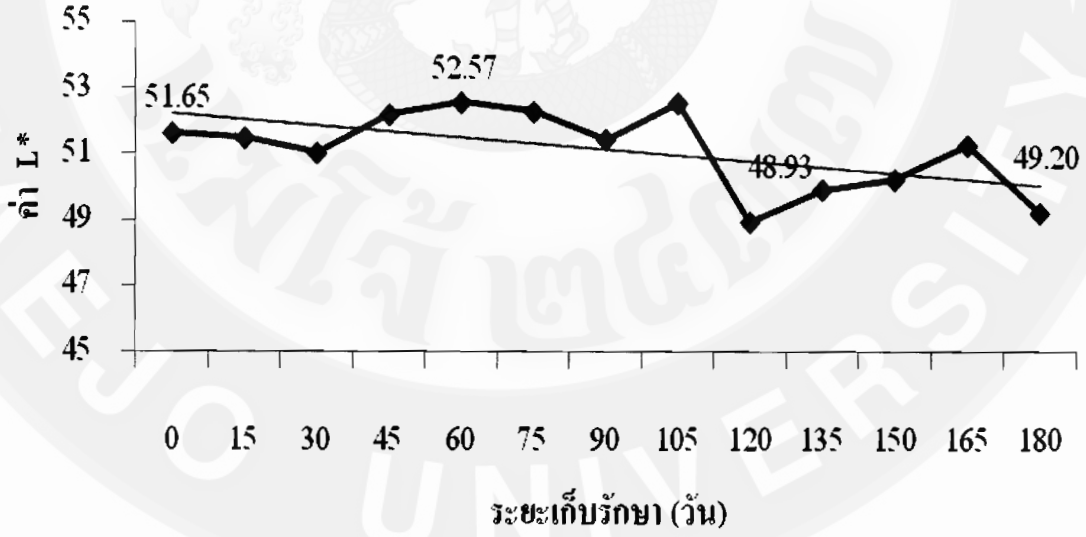
ภาพ 1 การสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



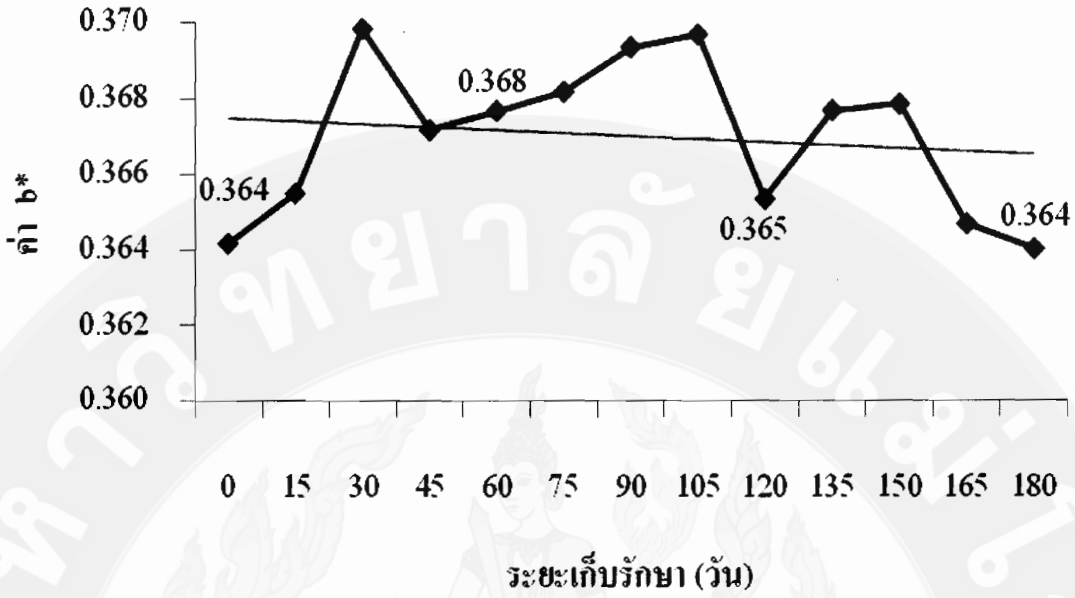
ภาพ 2 น้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



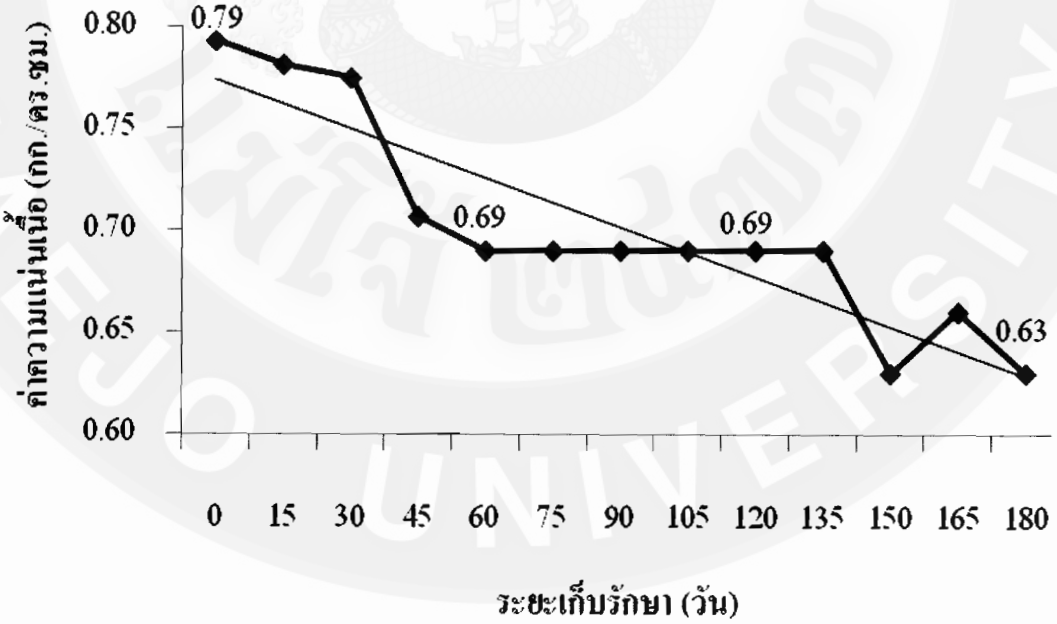
ภาพ 3 ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



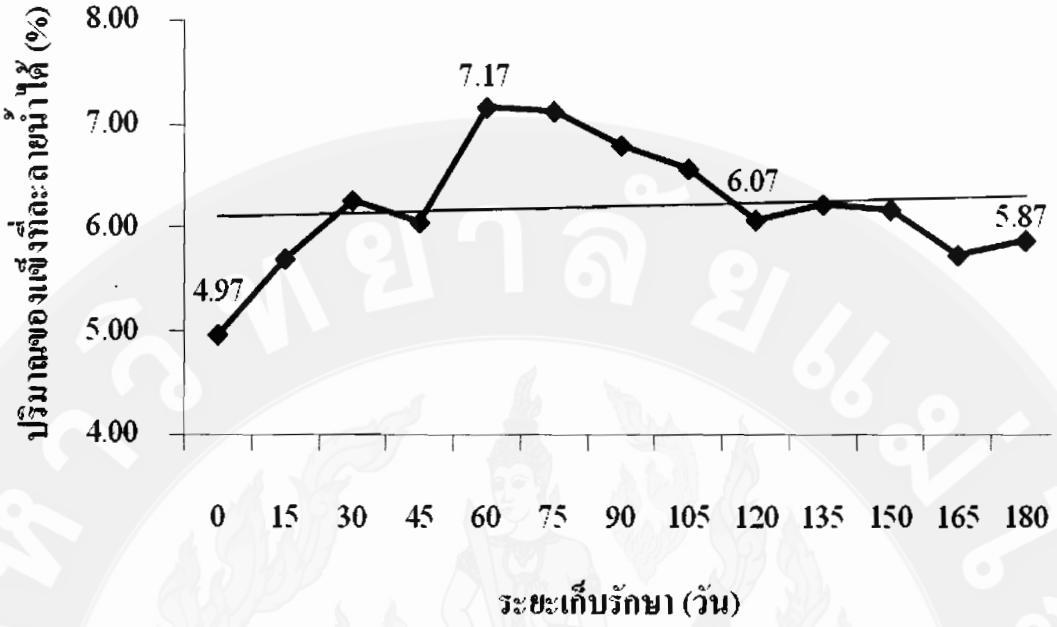
ภาพ 4 ค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



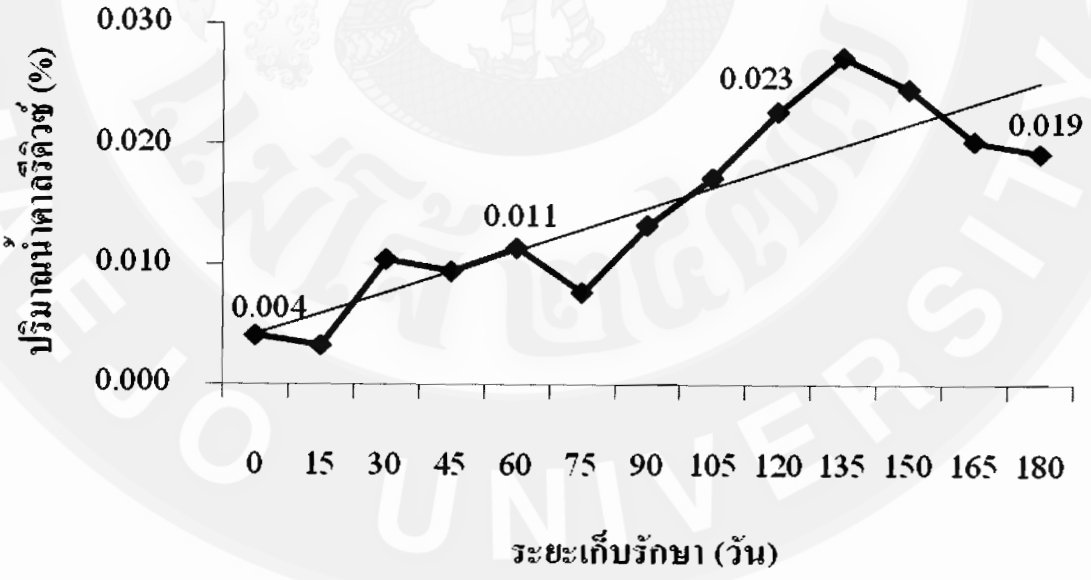
ภาพ 5 ค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



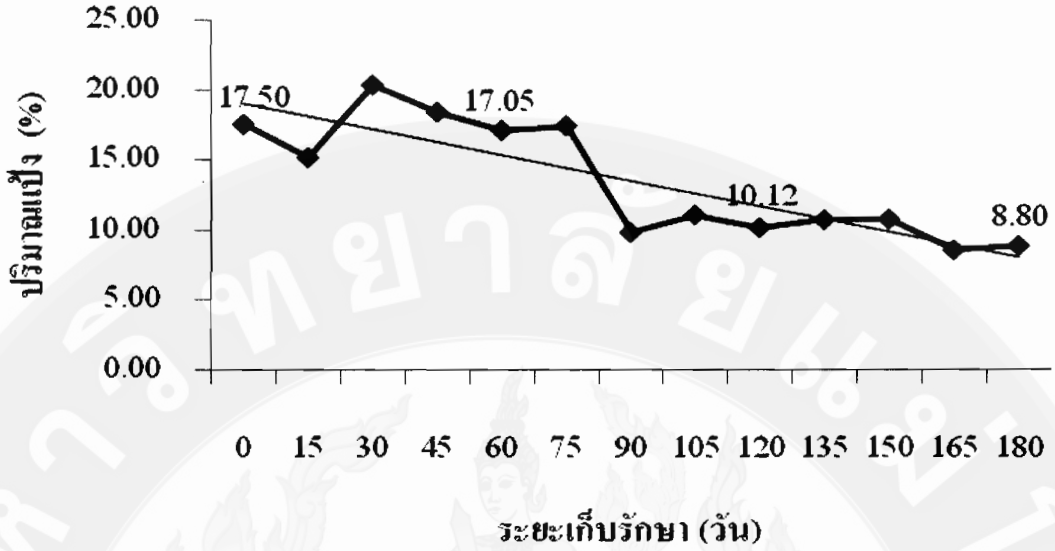
ภาพ 6 ค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพ 7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพ 8 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพ 9 ปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งในช่วงระยะเก็บรักษา 0 ถึง 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาและอุณหภูมิในระหว่างการปรับสภาพต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

โดยศึกษาหัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเวลาในการเก็บรักษา 3 ระยะ คือ 60, 120 และ 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ร่วมกับการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 15, 20, 25 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ตลอดระยะเวลาในการปรับสภาพทุกระยะทำการเก็บบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี โดยสุ่มหัวมันฝรั่งออกมาตรวจสอบทุกๆ 10 วัน ได้ผลดังนี้ คือ

1. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของหัวมันฝรั่ง

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งในทุกวิธีการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในระยะเวลาในการปรับสภาพ 10 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเก็บรักษา มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 2 ภาพ 10) ส่วนผลของระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่ง พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพ โดยอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าทุกๆอุณหภูมิและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 2 ภาพ 10) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่งและระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่ง พบว่า ระยะเวลาในเก็บรักษาของหัวมันฝรั่ง 60 วัน และทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าทุกๆระยะเวลาในการเก็บรักษาและในระดับอุณหภูมิอื่นๆ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 20, 30 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 2)

1.2 น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาในการปรับสภาพ 10 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน มีปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 และ 120 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

(ตาราง 3 ภาพ 11) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 20 และ 30 วัน ในขณะที่ระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพไม่มีผลต่อปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 3 ภาพ 11) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่งและระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาในการปรับสภาพ 40 วัน พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่ง 180 วัน ได้รับการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าทุกๆ ระยะเวลาในการเก็บรักษาและในระดับอุณหภูมิอื่นๆ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นระยะเวลาในการปรับสภาพ 0, 10, 20 และ 30 วัน ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 3)

1.3 การเกิดโรค

จากการศึกษาการเกิดโรคของหัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเวลาในการเก็บรักษา 60, 120 และ 180 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ร่วมกับการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15, 20, 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) พบว่าตลอดระยะเวลาในการปรับสภาพหัวมันฝรั่งไม่ปรากฏโรคของมันฝรั่ง คือ มีค่าคะแนนการเกิดโรค เท่ากับ 0 คะแนน แต่พบความแน่นเนื้อลดลง ทำให้หัวมันฝรั่งอ่อนนิ่ม เหี่ยวและมีการเจริญของหน่อเพิ่มขึ้น เมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพเริ่มมีการแตกหน่อของระยะเวลาในเก็บรักษา 60 และ 120 วัน ภายหลังการปรับสภาพ 30 และ 5 วัน ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาในเก็บรักษา 180 วัน ภายหลังการปรับสภาพหัวมันฝรั่งมีการเจริญของหน่อเพิ่มขึ้น เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีการแตกหน่อมาก่อนแล้ว โดยระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการเจริญของหน่อมากกว่าทุกๆอุณหภูมิ

1.4 ค่าความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งในทุกวิธีการมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ในระยะเวลาการปรับสภาพ 0 ถึง 40 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่ง และระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพ ไม่มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 4 ภาพ 12)

1.5 ค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่ง

ค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่งในระยะเวลาการปรับสภาพ 10 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเก็บรักษา มีผลต่อค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในเก็บรักษา 60 วัน ค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นระยะเวลาในการปรับสภาพ 20, 30 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่ง (ตาราง 5 ภาพ 13) ส่วนผลของระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่ง ในระยะเวลาการปรับสภาพ 30 วัน พบว่า ค่า L* ของ สีเนื้อมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่งมากกว่าทุกๆ อุณหภูมิ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 0, 10, 20 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่ง (ตาราง 5 ภาพ 13) และไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่งและระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพต่อค่า L* ของสีเนื้อมันฝรั่ง (ตาราง 5)

1.6 ค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่ง

ค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่งในระยะเวลาการปรับสภาพ 0, 10 และ 20 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาในการปรับสภาพ 30 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่ง (ตาราง 6 ภาพ 14) ส่วนผลของระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่ง ในระยะเวลาการปรับสภาพ 40 วัน พบว่า ค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่งที่อุณหภูมิห้องมีค่า มากกว่าทุกๆอุณหภูมิและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 0, 10, 20 และ 30 วัน ไม่มีผลต่อค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่ง (ตาราง 6 ภาพ 14) และพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่งและระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพต่อค่า b* ของสีเนื้อมันฝรั่ง (ตาราง 6)

1.7 ค่าความแน่นเนื้อ

ค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาการปรับสภาพ 10 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 วัน มีค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บ

รักษา 60 และ 180 วัน ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 30 และ 40 วัน ระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเก็บรักษา 120 และ 180 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 7 ภาพ 15) ส่วนผลของระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาการปรับสภาพ 3 วัน พบว่าระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง มีค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งมากกว่าทุกๆอุณหภูมิและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 0, 10, 20 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 7 ภาพ 15) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่งและระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาในการปรับสภาพ 30 วัน พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่ง 60 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 20, 25 และอุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งมากกว่าทุกๆระยะเวลาในการเก็บรักษาและระดับอุณหภูมิอื่นๆและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 0, 10, 20 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 7)

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของหัวมันฝรั่ง

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งในทุกวิธีการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในภายหลัง ในระยะเวลาการปรับสภาพ 10 ถึง 40 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 และ 120 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 8 ภาพ 16) ส่วนผลของระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพที่มีต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาในการปรับสภาพ 30 วัน พบว่าระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าทุกๆอุณหภูมิและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 0, 10, 20 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 8 ภาพ 16) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่งและระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งระยะเวลาในการปรับสภาพ 30 วัน พบว่าการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง 180 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณ

ของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าทุกๆ ระยะเวลาในการเก็บรักษาและในระดับอุณหภูมิอื่นๆ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นระยะเวลาในการปรับสภาพ 0, 10, 20 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 8)

2.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งในทุกวิธีการมีแนวโน้มลดลงและมีค่าเพิ่มขึ้นในภายหลัง ในระยะเวลาการปรับสภาพ 10 ถึง 40 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 9 ภาพ 17) ส่วนผลของระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาการปรับสภาพ 10, 20, 30 และ 40 วัน พบว่าระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าทุกๆอุณหภูมิและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 9 ภาพ 17) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่ง และระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งในทุกระยะเวลาการปรับสภาพ พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 9)

2.3 ปริมาณแป้ง

ปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งในทุกวิธีการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในภายหลัง ในระยะเวลาการปรับสภาพ 10 ถึง 40 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่ง โดยระยะเวลาในเก็บรักษา 60 วัน มีปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 และ 180 วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 10 ภาพ 18) ส่วนผลของระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่มีต่อปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งในระยะเวลาการปรับสภาพ 10 และ 20 วัน พบว่าระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าทุกๆ อุณหภูมิและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในระยะเวลาการปรับสภาพ 0, 30 และ 40 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 10 ภาพ 18) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันฝรั่งและระดับอุณหภูมิในการปรับสภาพของในทุกระยะเวลาในการปรับสภาพ พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่ง (ตาราง 10)

3. การตรวจสอบคุณภาพสีของมันฝรั่งหลังทอด

การเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง 60 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แล้วทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 และอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง 120 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน (ภาพผนวก 7 และ 8) มันฝรั่งหลังทอดมีคะแนนสี เท่ากับ 2 คะแนน (เหลืองอ่อน) โดยมีคุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีกว่าวิธีการอื่นๆ (ตาราง 11 ภาพผนวก 6)

ตาราง 2 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	0.00	0.74^{b}	1.23^{c}	1.78^{c}	2.96^{c}	-	-	-
A_2 (120 วัน)	0.00	0.85^{b}	1.58^{b}	2.48^{b}	3.90^{b}	-	-	-
A_3 (180 วัน)	0.00	1.05^{a}	2.45^{a}	5.06^{a}	6.24^{a}	-	-	-
F-test	-	*	*	*	*	-	-	-
C.V. (%)	-	16.24	19.43	26.66	20.12	-	-	-
B_1 (15°C)	0.00	0.55^{c}	1.21^{c}	2.38^{b}	3.59^{c}	-	-	-
B_2 (20°C)	0.00	0.83^{b}	1.65^{b}	2.72^{b}	4.10^{bc}	-	-	-
B_3 (25°C)	0.00	0.89^{b}	1.80^{b}	3.05^{b}	4.51^{ab}	-	-	-
B_4 (30°C)	0.00	1.23^{a}	2.35^{a}	4.28^{a}	5.24^{a}	-	-	-
F -test	-	*	*	*	*	-	-	-
C.V. (%)	-	16.24	19.43	26.66	20.12	-	-	-
$A_1 B_1$	0.00	0.22^{e}	0.37	0.57	1.09	1.77^{d}	2.54^{d}	3.73^{c}
$A_1 B_2$	0.00	0.77^{cd}	1.20	1.68	2.82	3.89^{c}	5.23^{c}	6.86^{b}
$A_1 B_3$	0.00	0.81^{c}	1.38	2.07	3.60	4.97^{b}	6.55^{b}	8.43^{a}
$A_1 B_4$	0.00	1.16^{b}	1.96	2.78	4.32	5.96^{a}	7.65^{a}	9.18^{a}
$A_2 B_1$	0.00	0.55^{d}	1.10	2.02	3.35	-	-	-
$A_2 B_2$	0.00	0.78^{cd}	1.57	2.50	4.21	-	-	-
$A_2 B_3$	0.00	0.95^{bc}	1.69	2.55	3.84	-	-	-
$A_2 B_4$	0.00	1.09^{b}	1.96	2.85	4.19	-	-	-
$A_3 B_1$	0.00	0.89^{bc}	2.15	4.55	6.34	-	-	-
$A_3 B_2$	0.00	0.94^{bc}	2.19	3.96	5.29	-	-	-
$A_3 B_3$	0.00	0.92^{bc}	2.34	4.53	6.10	-	-	-
$A_3 B_4$	0.00	1.45^{a}	3.13	7.20	7.22	-	-	-
F -test	-	*	ns	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	-	16.24	19.43	26.66	20.12	10.29	9.65	9.52

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 3 น้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการ	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
ทดลอง	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	25.21[a]	25.27[b]	24.95	27.00	24.84[b]	-	-	-
A_2 (120 วัน)	23.96[b]	23.79[c]	24.21	26.59	24.34[b]	-	-	-
A_3 (180 วัน)	22.61[c]	28.55[a]	23.82	25.78	27.48[a]	-	-	-
F-test	*	*	ns	ns	*	-	-	-
C.V. (%)	5.68	6.72	5.91	8.20	5.05	-	-	-
B_1 (15°C)	23.93	26.79	24.33	26.79	26.28	-	-	-
B_2 (20°C)	23.93	25.67	24.33	26.13	25.35	-	-	-
B_3 (25°C)	23.93	25.26	24.26	26.67	24.61	-	-	-
B_4 (30°C)	23.93	25.75	24.21	26.25	25.97	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
C.V. (%)	5.68	6.72	5.91	8.20	5.05	-	-	-
$A_1 B_1$	25.21	27.52	26.07	27.77	24.26[b]	29.30	28.52[b]	29.72
$A_1 B_2$	25.21	25.70	24.24	26.44	24.41[b]	28.11	28.17[b]	28.70
$A_1 B_3$	25.21	23.68	23.56	26.82	25.61[b]	27.72	32.58[a]	31.19
$A_1 B_4$	25.21	24.18	25.93	26.98	25.08[b]	29.64	28.46[b]	32.98
$A_2 B_1$	23.96	24.27	22.48	26.81	24.99[b]	-	-	-
$A_2 B_2$	23.96	23.37	24.75	26.27	23.55[b]	-	-	-
$A_2 B_3$	23.96	23.48	25.58	27.04	24.72[b]	-	-	-
$A_2 B_4$	23.96	24.02	24.03	26.23	24.09[b]	-	-	-
$A_3 B_1$	22.61	28.59	24.44	25.78	29.60[a]	-	-	-
$A_3 B_2$	22.61	27.94	23.78	25.67	28.09[a]	-	-	-
$A_3 B_3$	22.61	28.63	23.48	26.14	23.50[b]	-	-	-
$A_3 B_4$	22.61	29.05	23.56	25.55	28.73[a]	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
C.V. (%)	5.68	6.72	5.91	8.20	5.05	8.65	4.46	11.24

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 4 ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	1.088	1.085	1.088	1.090	1.092	-	-	-
A_2 (120 วัน)	1.086	1.088	1.094	1.098	1.101	-	-	-
A_3 (180 วัน)	1.084	1.091	1.091	1.096	1.094	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
C.V. (%)	0.65	0.95	0.89	0.80	1.78	-	-	-
B_1 (15°C)	1.086	1.089	1.093	1.098	1.092	-	-	-
B_2 (20°C)	1.086	1.090	1.092	1.094	1.093	-	-	-
B_3 (25°C)	1.086	1.087	1.094	1.094	1.093	-	-	-
B_4 (30°C)	1.086	1.086	1.087	1.092	1.104	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
C.V. (%)	0.65	0.95	0.89	0.80	1.78	-	-	-
$A_1 B_1$	1.088	1.086	1.085	1.093	1.089	1.093	1.095	1.096
$A_1 B_2$	1.088	1.091	1.091	1.093	1.092	1.092	1.095	1.094
$A_1 B_3$	1.088	1.085	1.093	1.090	1.092	1.097	1.092	1.101
$A_1 B_4$	1.088	1.079	1.083	1.083	1.093	1.086	1.097	1.099
$A_2 B_1$	1.086	1.091	1.099	1.101	1.092	-	-	-
$A_2 B_2$	1.086	1.089	1.093	1.095	1.088	-	-	-
$A_2 B_3$	1.086	1.085	1.096	1.095	1.103	-	-	-
$A_2 B_4$	1.086	1.087	1.090	1.101	1.123	-	-	-
$A_3 B_1$	1.084	1.091	1.095	1.101	1.096	-	-	-
$A_3 B_2$	1.084	1.089	1.092	1.095	1.098	-	-	-
$A_3 B_3$	1.084	1.093	1.092	1.096	1.084	-	-	-
$A_3 B_4$	1.084	1.092	1.086	1.093	1.097	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	0.65	0.95	0.89	0.80	1.78	1.34	0.69	0.51

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 5 ค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	52.57[a]	50.84[a]	49.56	49.58	50.29	-	-	-
A_2 (120 วัน)	48.93[b]	49.08[ab]	50.48	50.57	50.17	-	-	-
A_3 (180 วัน)	49.20[b]	46.66[b]	49.92	49.53	51.70	-	-	-
F-test	*	*	ns	ns	ns	-	-	-
C.V. (%)	7.08	6.15	5.55	3.52	5.53	-	-	-
B_1 (15°C)	50.23	48.34	51.47	50.87[a]	51.80	-	-	-
B_2 (20°C)	50.23	49.08	49.24	49.81[ab]	50.51	-	-	-
B_3 (25°C)	50.23	48.83	50.03	50.61[a]	50.69	-	-	-
B_4 (30°C)	50.23	49.18	49.19	48.28[b]	49.88	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	*	ns	-	-	-
C.V. (%)	7.08	6.15	5.55	3.52	5.53	-	-	-
$A_1 B_1$	52.57	51.33	51.93	49.80	50.23	49.90[ab]	50.7	50.70[ab]
$A_1 B_2$	52.57	49.90	46.93	49.57	50.27	54.00[a]	49.5	49.20[b]
$A_1 B_3$	52.57	51.83	49.60	49.13	49.87	51.30[ab]	48.7	53.60[a]
$A_1 B_4$	52.57	50.30	49.77	49.80	50.80	48.50[b]	47.9	47.70[b]
$A_2 B_1$	48.93	49.80	50.97	50.87	52.13	-	-	-
$A_2 B_2$	48.93	49.57	51.57	51.00	48.67	-	-	-
$A_2 B_3$	48.93	46.90	50.13	51.23	50.40	-	-	-
$A_2 B_4$	48.93	50.03	49.23	49.17	49.47	-	-	-
$A_3 B_1$	49.20	43.90	51.50	51.93	53.03	-	-	-
$A_3 B_2$	49.20	47.77	49.23	48.87	52.60	-	-	-
$A_3 B_3$	49.20	47.77	50.37	51.47	51.80	-	-	-
$A_3 B_4$	49.20	47.20	48.57	45.87	49.37	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
C.V. (%)	7.08	6.15	5.55	3.52	5.53	4.82	4.6	3.65

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 6 ค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	0.368	0.367[a]	0.368[a]	0.366	0.364	-	-	-
A_2 (120 วัน)	0.365	0.365[a]	0.366[a]	0.365	0.365	-	-	-
A_3 (180 วัน)	0.364	0.360[b]	0.362[b]	0.362	0.361	-	-	-
F-test	ns	*	*	ns	ns	-	-	-
C.V. (%)	1.48	0.85	1.03	1.13	1.57	-	-	-
B_1 (15°C)	0.366	0.363	0.364	0.365	0.362[bc]	-	-	-
B_2 (20°C)	0.366	0.364	0.366	0.363	0.358[c]	-	-	-
B_3 (25°C)	0.366	0.364	0.364	0.362	0.365[ab]	-	-	-
B_4 (30°C)	0.366	0.363	0.368	0.367	0.369[a]	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	*	-	-	-
C.V. (%)	1.48	0.85	1.03	1.13	1.57	-	-	-
$A_1 B_1$	0.369	0.364	0.363	0.368	0.362	0.363[b]	0.365[bc]	0.362[c]
$A_1 B_2$	0.369	0.367	0.372	0.364	0.356	0.361[b]	0.361[c]	0.361[c]
$A_1 B_3$	0.369	0.367	0.365	0.362	0.367	0.365[b]	0.369[b]	0.368[b]
$A_1 B_4$	0.369	0.368	0.373	0.371	0.373	0.373[a]	0.373[a]	0.376[a]
$A_2 B_1$	0.365	0.366	0.367	0.365	0.365	-	-	-
$A_2 B_2$	0.365	0.364	0.365	0.365	0.359	-	-	-
$A_2 B_3$	0.365	0.365	0.365	0.364	0.368	-	-	-
$A_2 B_4$	0.365	0.364	0.367	0.364	0.367	-	-	-
$A_3 B_1$	0.364	0.360	0.362	0.363	0.361	-	-	-
$A_3 B_2$	0.364	0.363	0.361	0.360	0.358	-	-	-
$A_3 B_3$	0.364	0.361	0.362	0.361	0.361	-	-	-
$A_3 B_4$	0.364	0.359	0.365	0.365	0.367			
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	1.48	0.85	1.03	1.13	1.57	1.03	0.67	0.46

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 7 ค่าความแน่นเนื้อ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	0.69[a]	0.68[a]	0.64[b]	0.70[a]	0.67[a]	-	-	-
A_2 (120 วัน)	0.69[a]	0.69[a]	0.68[a]	0.63[b]	0.57[c]	-	-	-
A_3 (180 วัน)	0.63[b]	0.62[b]	0.62[b]	0.59[c]	0.60[b]	-	-	-
F-test	*	*	*	*	*	-	-	-
C.V. (%)	1.72	2.31	5.51	2.07	4.93	-	-	-
B_1 (15°C)	0.67	0.66	0.66	0.62[c]	0.60	-	-	-
B_2 (20°C)	0.67	0.65	0.64	0.65[a]	0.62	-	-	-
B_3 (25°C)	0.67	0.67	0.64	0.64[b]	0.61	-	-	-
B_4 (30°C)	0.67	0.67	0.65	0.65[a]	0.62	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	*	ns	-	-	-
C.V. (%)	1.72	2.31	5.51	2.07	4.93	-	-	-
$A_1 B_1$	0.69	0.69	0.69	0.69[a]	0.66	0.66	0.65[a]	0.62
$A_1 B_2$	0.69	0.67	0.61	0.70[a]	0.66	0.66	0.63[ab]	0.61
$A_1 B_3$	0.69	0.68	0.61	0.70[a]	0.68	0.67	0.61[bc]	0.58
$A_1 B_4$	0.69	0.70	0.66	0.70[a]	0.67	0.64	0.58[c]	0.61
$A_2 B_1$	0.69	0.69	0.70	0.61[de]	0.57	-	-	-
$A_2 B_2$	0.69	0.69	0.69	0.64[bc]	0.59	-	-	-
$A_2 B_3$	0.69	0.68	0.67	0.63[bcd]	0.55	-	-	-
$A_2 B_4$	0.69	0.70	0.67	0.65[b]	0.59	-	-	-
$A_3 B_1$	0.63	0.61	0.59	0.56[f]	0.58	-	-	-
$A_3 B_2$	0.63	0.60	0.63	0.60[e]	0.62	-	-	-
$A_3 B_3$	0.63	0.64	0.64	0.60[e]	0.61	-	-	-
$A_3 B_4$	0.63	0.62	0.63	0.62[cde]	0.59	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	1.72	2.31	5.51	2.07	4.93	2.41	3.15	4.90

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	7.17^{a}	6.84^{a}	6.72^{a}	6.75^{a}	6.69^{a}	-	-	-
A_2 (120 วัน)	6.07^{b}	6.25^{b}	6.52^{a}	6.73^{a}	6.02^{b}	-	-	-
A_3 (180 วัน)	5.87^{b}	6.22^{b}	5.71^{b}	5.94^{b}	5.79^{b}	-	-	-
F-test	*	*	*	*	*	-	-	-
C.V. (%)	5.81	5.79	9.95	4.30	9.67	-	-	-
B_1 (15°C)	6.40	6.57	6.10	6.47^{b}	6.09	-	-	-
B_2 (20°C)	6.40	6.17	6.31	6.28^{b}	5.83	-	-	-
B_3 (25°C)	6.40	6.40	6.16	6.28^{b}	6.14	-	-	-
B_4 (30°C)	6.40	6.62	6.70	6.88^{a}	6.60	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	*	ns	-	-	-
C.V. (%)	5.81	5.79	9.95	4.30	9.67	-	-	-
$A_1 B_1$	7.17	7.23	6.67	6.57^{cd}	6.30	6.63^{a}	5.17^{c}	5.73^{bc}
$A_1 B_2$	7.17	6.43	6.67	6.30^{de}	6.27	6.17^{ab}	5.77^{b}	6.13^{ab}
$A_1 B_3$	7.17	6.60	6.73	6.97^{abc}	6.83	5.93^{b}	5.77^{b}	5.67^{c}
$A_1 B_4$	7.17	7.10	6.83	7.17^{a}	7.37	6.13^{ab}	6.60^{a}	6.40^{a}
$A_2 B_1$	6.07	6.53	6.40	6.97^{abc}	5.97	-	-	-
$A_2 B_2$	6.07	6.17	6.43	6.63^{bcd}	5.90	-	-	-
$A_2 B_3$	6.07	6.17	5.87	6.23^{de}	5.90	-	-	-
$A_2 B_4$	6.07	6.13	7.37	7.10^{ab}	6.30	-	-	-
$A_3 B_1$	5.87	5.93	5.23	5.87^{ef}	6.00	-	-	-
$A_3 B_2$	5.87	5.90	5.83	5.90^{ef}	5.33	-	-	-
$A_3 B_3$	5.87	6.43	5.87	5.63^{f}	5.70	-	-	-
$A_3 B_4$	5.87	6.63	5.90	6.37^{de}	6.13	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	*	ns	*	*	*
C.V. (%)	5.81	5.79	9.95	4.30	9.67	5.41	3.84	3.64

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 9 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	0.011^{b}	0.010^{c}	0.010^{c}	0.010^{c}	0.010^{c}	-	-	-
A_2 (120 วัน)	0.023^{a}	0.022^{a}	0.018^{a}	0.016^{a}	0.017^{a}	-	-	-
A_3 (180 วัน)	0.019^{a}	0.017^{b}	0.014^{b}	0.014^{b}	0.014^{b}	-	-	-
F-test	*	*	*	*	*	-	-	-
C.V. (%)	38.90	7.99	4.89	8.15	6.62	-	-	-
B_1 (15°C)	0.018	0.017^{a}	0.015^{a}	0.014^{a}	0.014^{a}	-	-	-
B_2 (20°C)	0.018	0.017^{a}	0.015^{a}	0.014^{a}	0.013^{b}	-	-	-
B_3 (25°C)	0.018	0.016^{ab}	0.014^{b}	0.013^{b}	0.013^{b}	-	-	-
B_4 (30°C)	0.018	0.015^{b}	0.014^{b}	0.013^{b}	0.013^{b}	-	-	-
F-test	ns	*	*	*	*	-	-	-
C.V. (%)	38.90	7.99	4.89	8.15	6.62	-	-	-
A1 B1	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.011
A1 B2	0.011	0.010	0.011	0.011	0.009	0.009	0.009	0.009
A1 B3	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009
A1 B4	0.011	0.010	0.010	0.009	0.010	0.009	0.009	0.010
A2 B1	0.023	0.022	0.019	0.017	0.018	-	-	-
A2 B2	0.023	0.022	0.018	0.017	0.017	-	-	-
A2 B3	0.023	0.021	0.018	0.015	0.016	-	-	-
A2 B4	0.023	0.021	0.018	0.016	0.015	-	-	-
A3 B1	0.019	0.019	0.015	0.015	0.015	-	-	-
A3 B2	0.019	0.018	0.015	0.015	0.014	-	-	-
A3 B3	0.019	0.016	0.015	0.014	0.014	-	-	-
A3 B4	0.019	0.015	0.014	0.014	0.014	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	8.90	7.99	4.89	8.15	6.62	10.75	14.13	7.20

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 10 ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์) ของหัวมันฝรั่งในช่วงการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
A_1 (60 วัน)	17.05[a]	17.99[a]	19.40[a]	20.77[a]	21.05[a]	-	-	-
A_2 (120 วัน)	10.12[b]	14.75[b]	17.86[b]	17.63[b]	17.68[b]	-	-	-
A_3 (180 วัน)	8.80[c]	12.53[c]	15.69[c]	17.61[b]	17.19[b]	-	-	-
F-test	*	*	*	*	*	-	-	-
C.V. (%)	5.71	7.62	6.80	11.25	12.86	-	-	-
B_1 (15°C)	11.99	13.88[c]	15.58[b]	18.03	17.65	-	-	-
B_2 (20°C)	11.99	14.76[bc]	16.46[b]	18.09	17.96	-	-	-
B_3 (25°C)	11.99	15.39[ab]	19.03[a]	18.34	18.84	-	-	-
B_4 (30°C)	11.99	16.33[a]	19.54[a]	20.23	20.10	-	-	-
F-test	ns	*	*	ns	ns	-	-	-
C.V. (%)	5.71	7.62	6.80	11.25	12.86	-	-	-
A1 B1	17.05	16.20	16.77	21.10	19.97	18.65	19.22	17.52[b]
A1 B2	17.05	18.27	17.33	20.35	21.29	19.40	19.03	19.03[ab]
A1 B3	17.05	17.90	21.29	19.59	21.10	19.78	20.91	20.35[ab]
A1 B4	17.05	19.59	22.23	22.04	21.85	19.97	22.04	21.10[a]
A2 B1	10.12	13.39	15.84	16.97	17.35	-	-	-
A2 B2	10.12	13.95	16.97	17.53	16.59	-	-	-
A2 B3	10.12	15.84	19.04	18.10	18.48	-	-	-
A2 B4	10.12	15.84	19.61	17.91	18.29	-	-	-
A3 B1	8.80	12.06	14.13	16.01	15.64	-	-	-
A3 B2	8.80	12.06	15.07	16.39	16.01	-	-	-
A3 B3	8.80	12.43	16.77	17.33	16.95	-	-	-
A3 B4	8.80	13.56	16.79	20.72	20.16	-	-	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	5.71	7.62	6.80	11.25	12.86	12.85	8.87	8.72

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

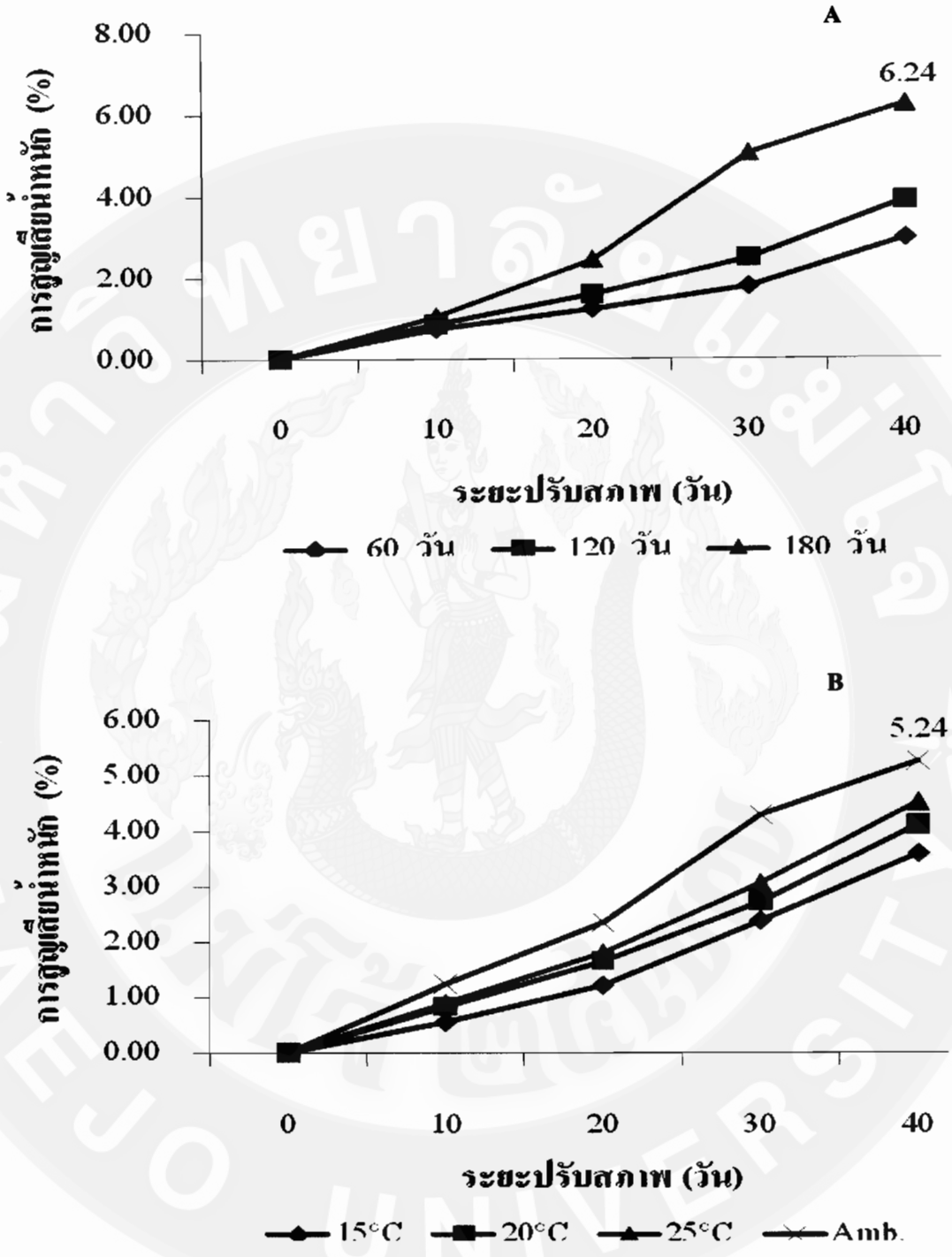
* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

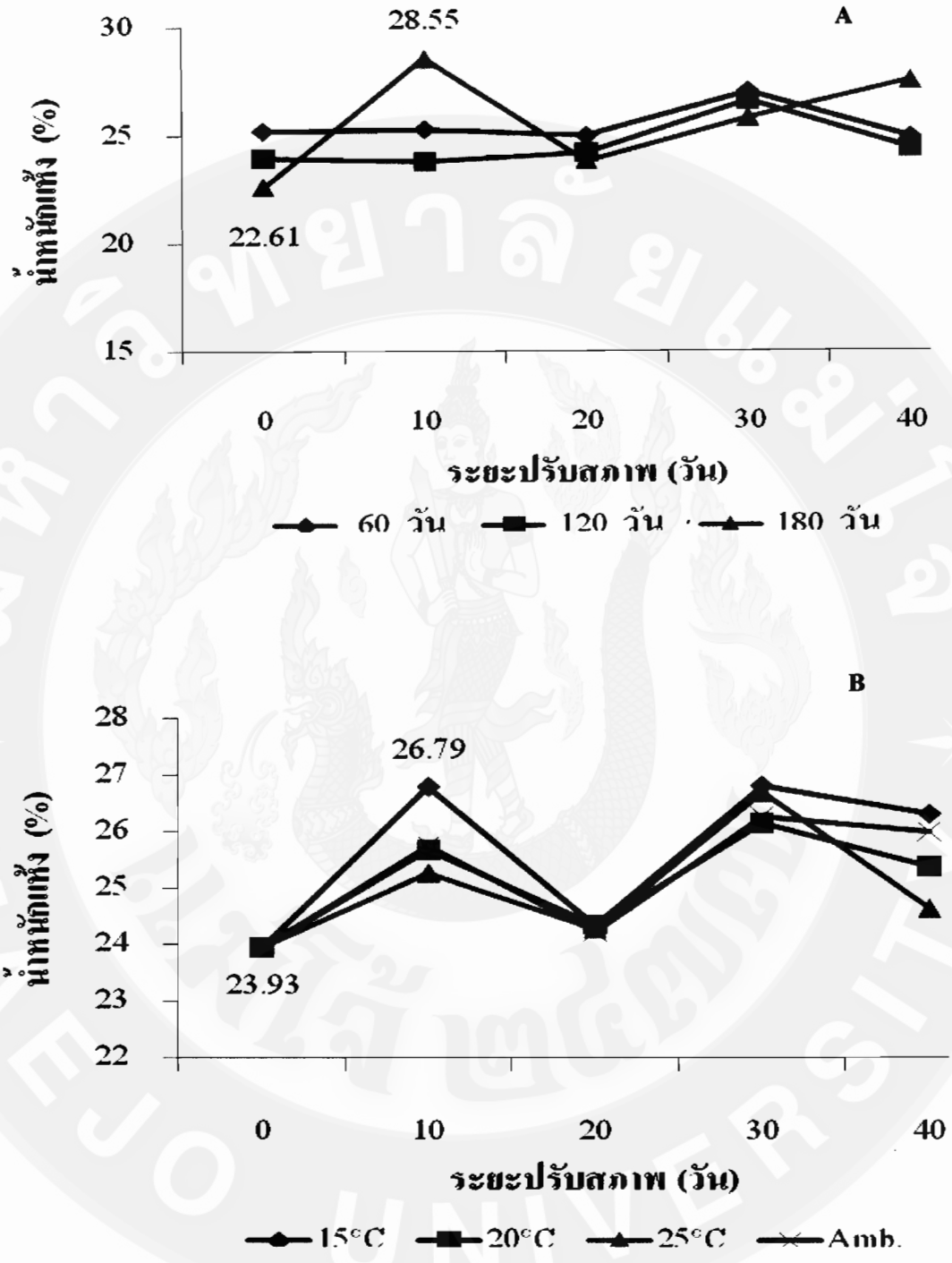
ตาราง 11 ค่าสี (คะแนน) ของหัวมันฝรั่งหลังทอดภายหลังการปรับสภาพ

วิธีการทดลอง	ระยะเวลาในการปรับสภาพ (วัน)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
$A_1 B_1$	5	5	4	2	2	3	2	2
$A_1 B_2$	5	4	4	2	2	2	2	2
$A_1 B_3$	5	2	2	1	2	3	2	1
$A_1 B_4$	5	2	2	1	2	2	2	1
$A_2 B_1$	5	4	3	3	3	-	-	-
$A_2 B_2$	5	4	3	3	3	-	-	-
$A_2 B_3$	5	3	2	2	3	-	-	-
$A_2 B_4$	5	2	2	2	3	-	-	-
$A_3 B_1$	5	4	3	3	5	-	-	-
$A_3 B_2$	5	4	2	3	5	-	-	-
$A_3 B_3$	5	3	1	2	3	-	-	-
$A_3 B_4$	5	3	1	2	2	-	-	-
F-test	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-

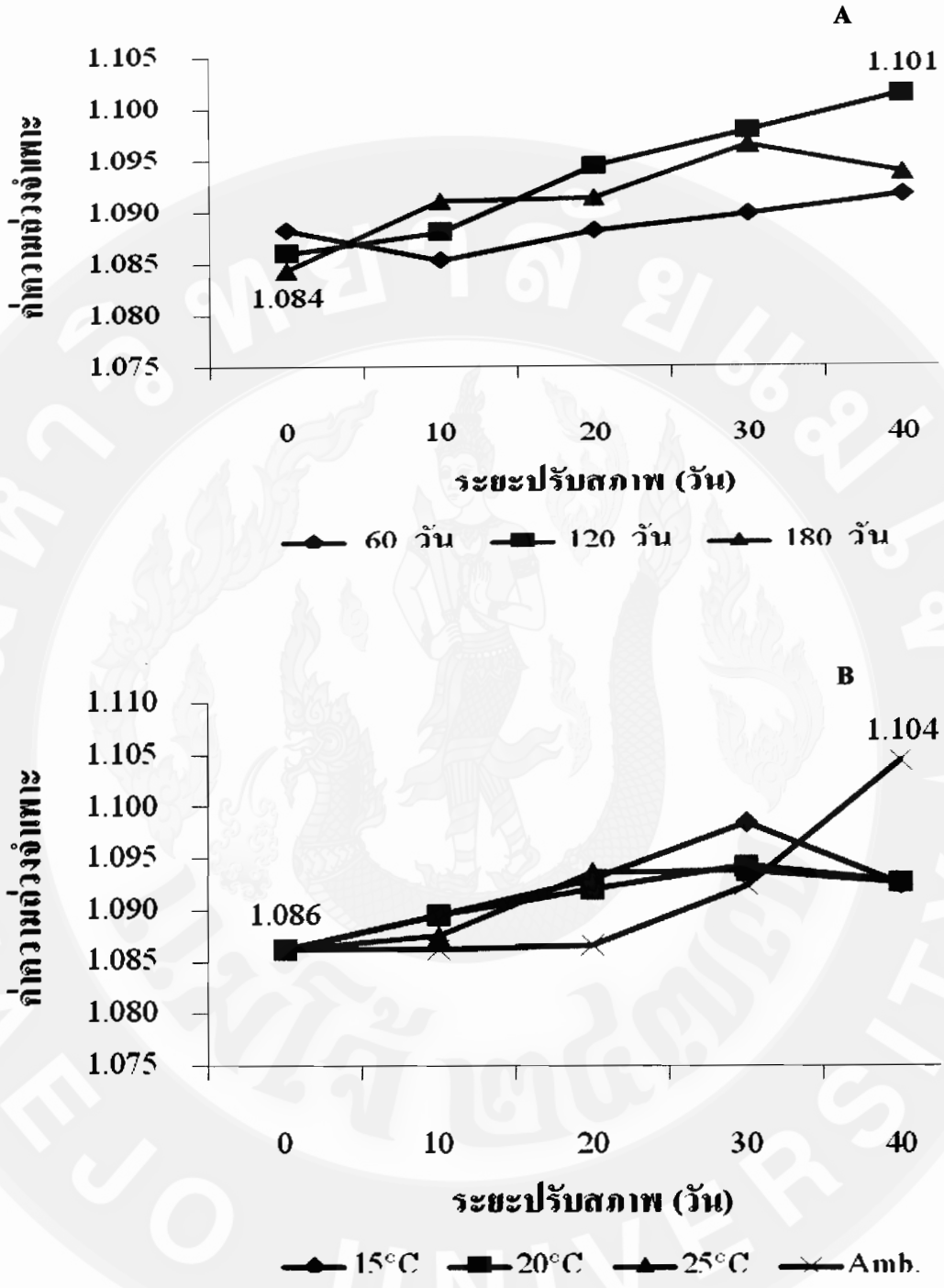
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยค่าสีของหัวมันฝรั่งหลังทอดในตารางไม่ได้ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ



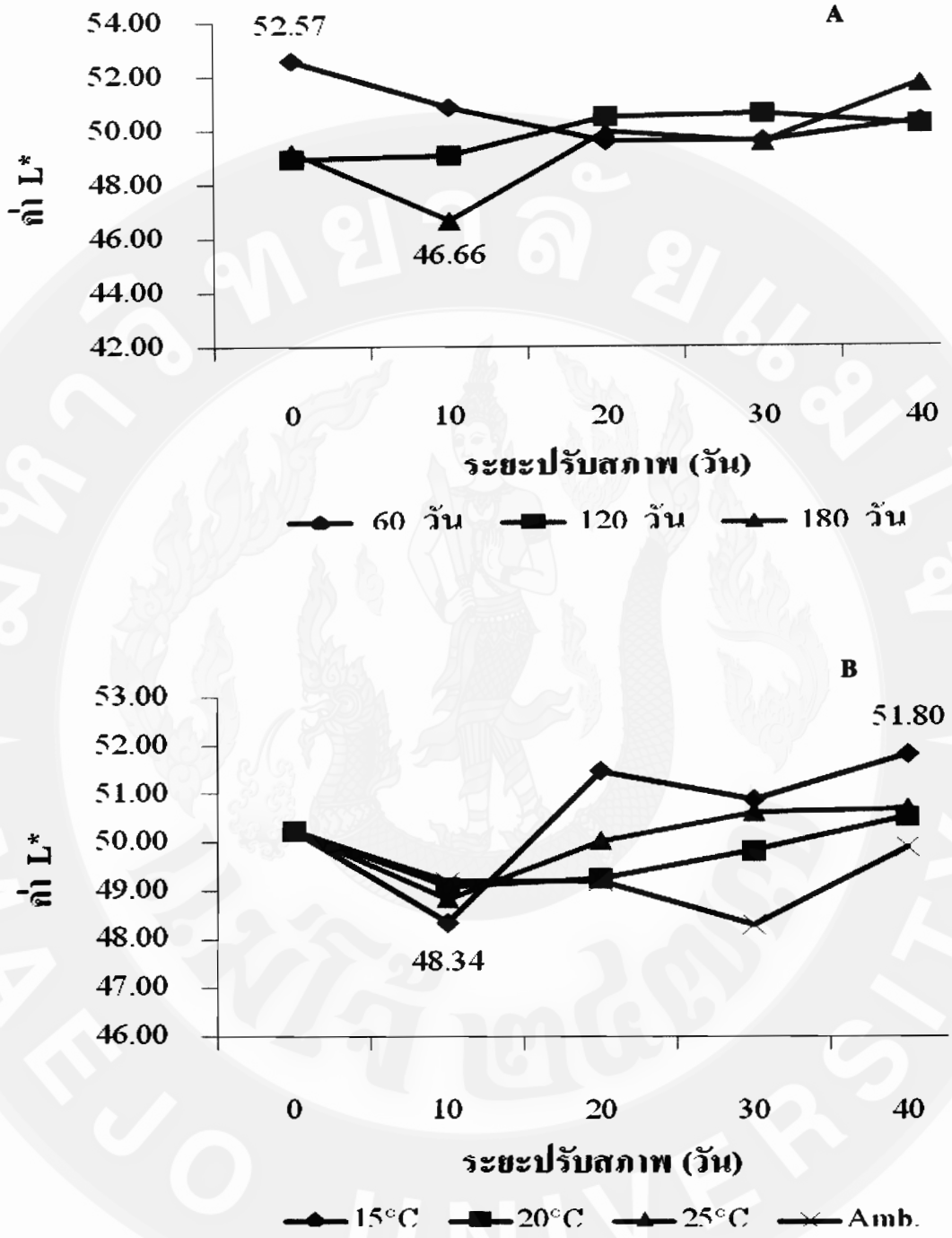
ภาพ 10 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



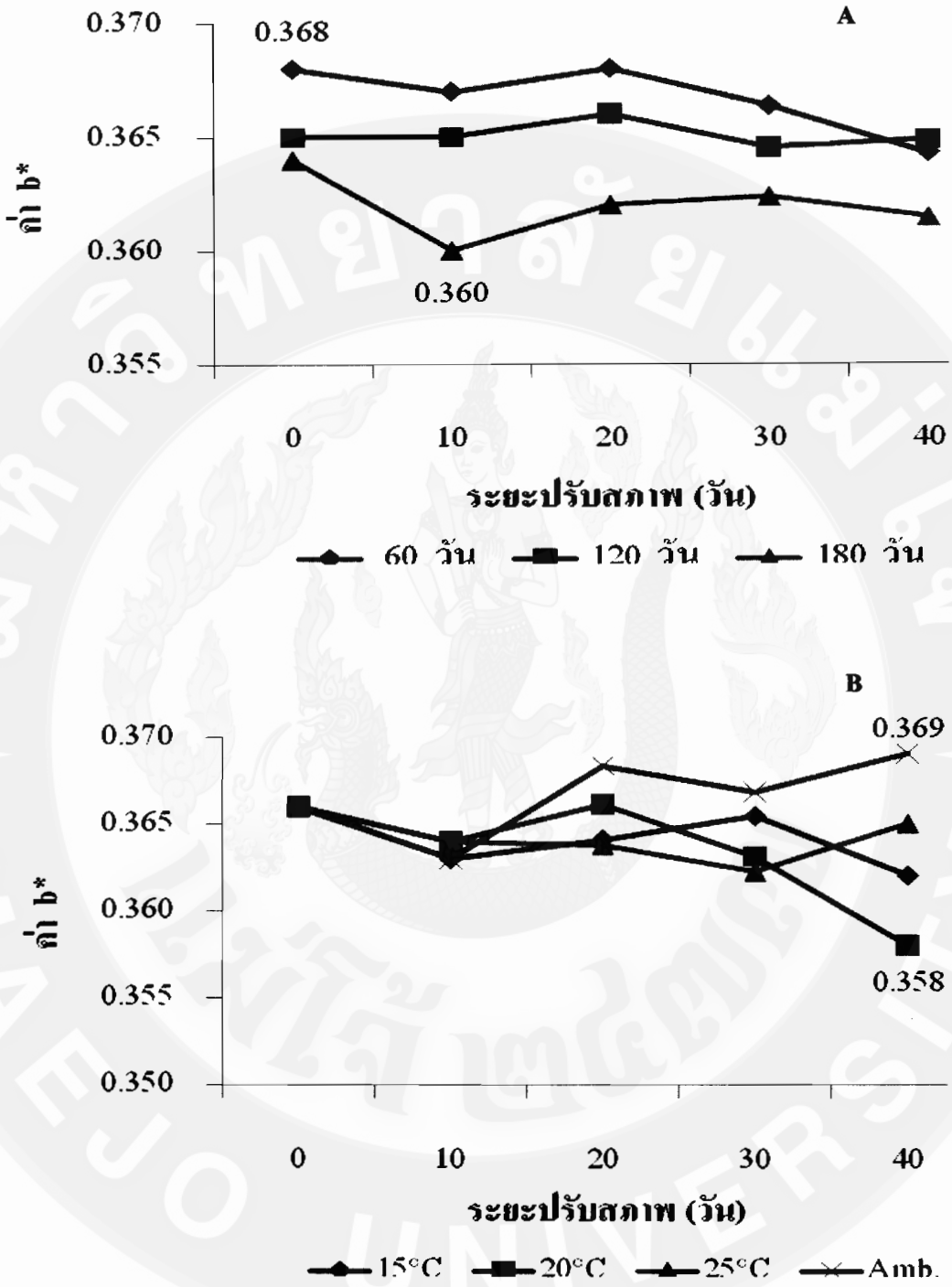
ภาพ 11 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



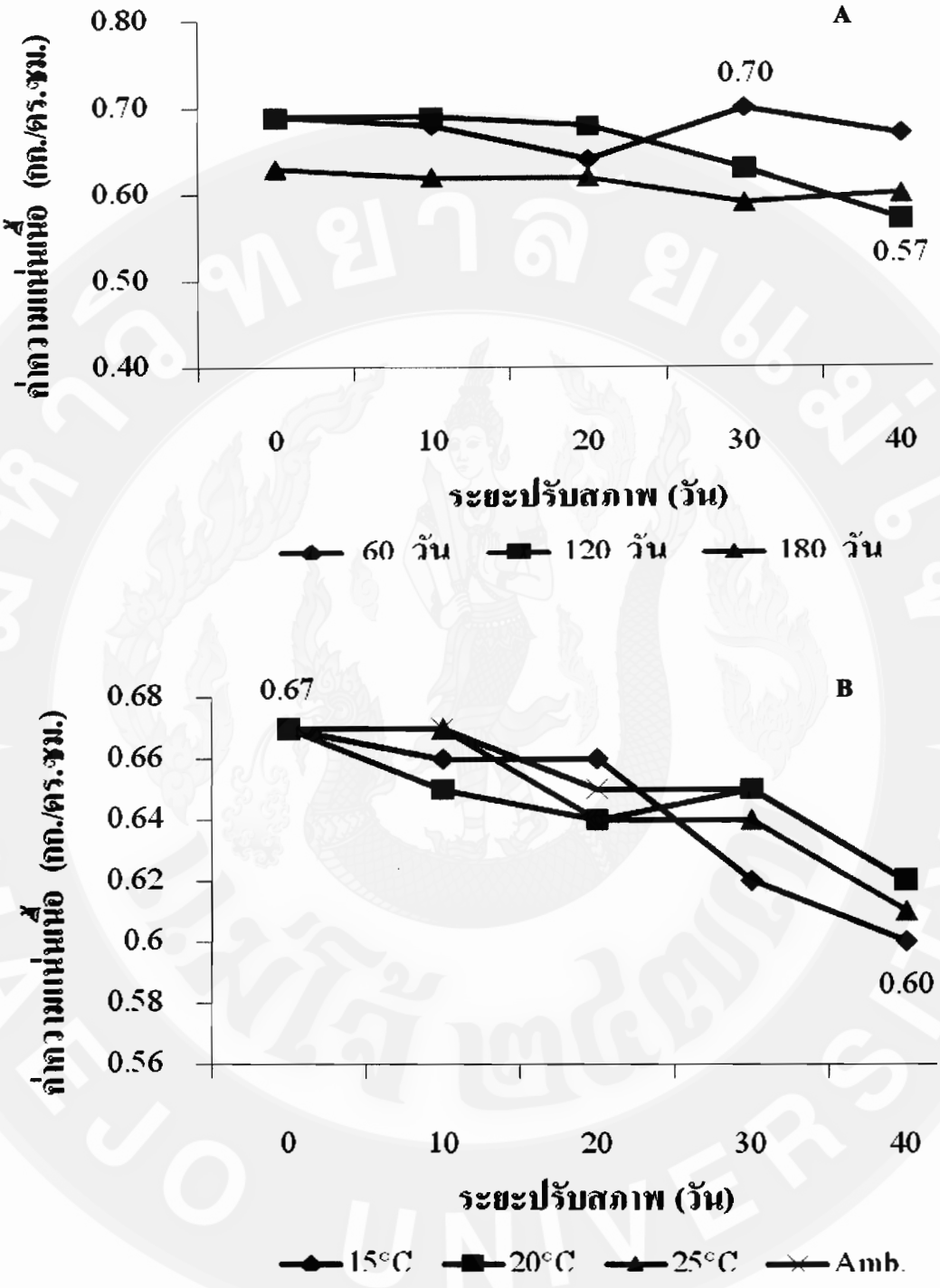
ภาพ 12 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



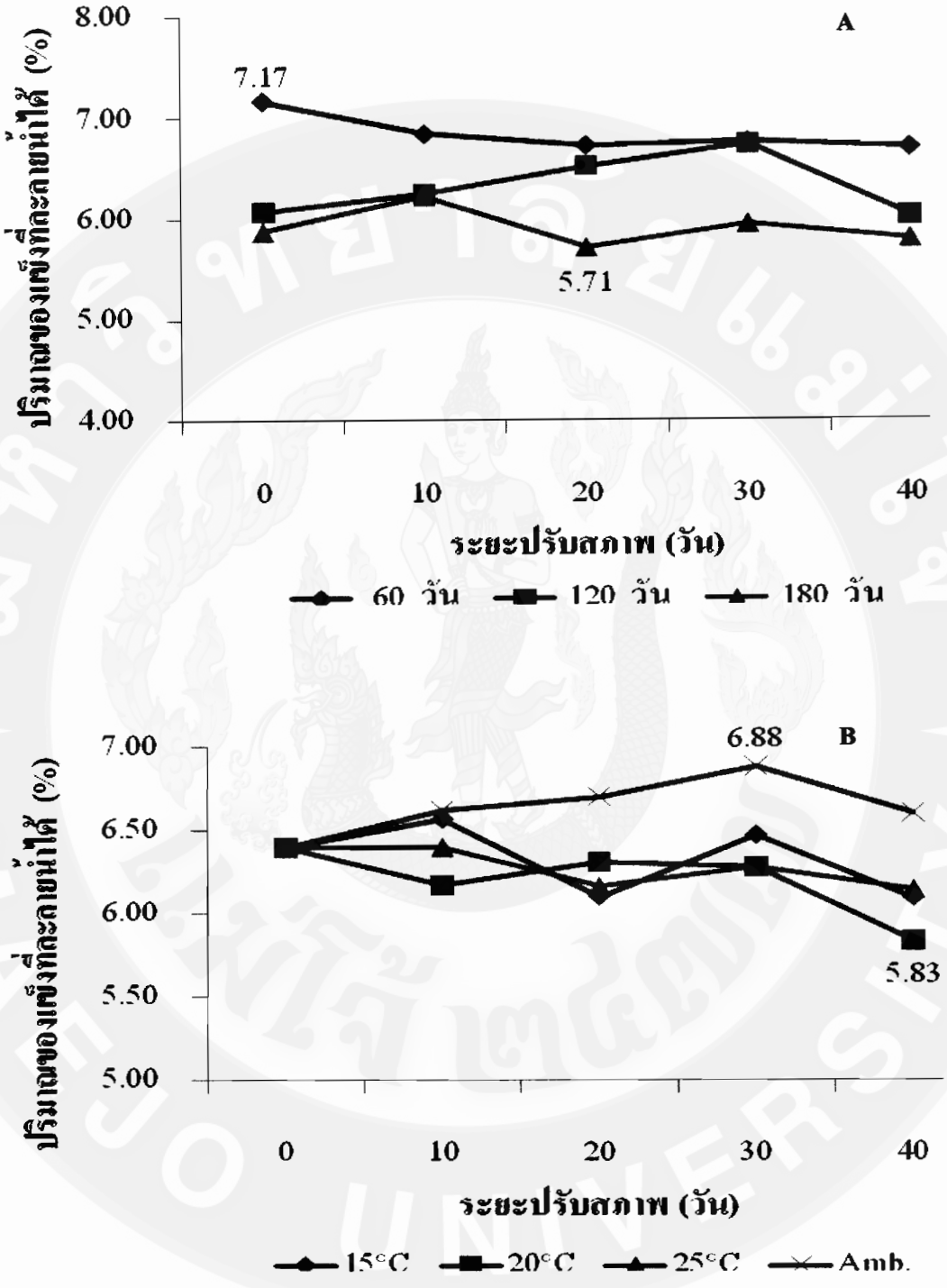
ภาพ 13 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



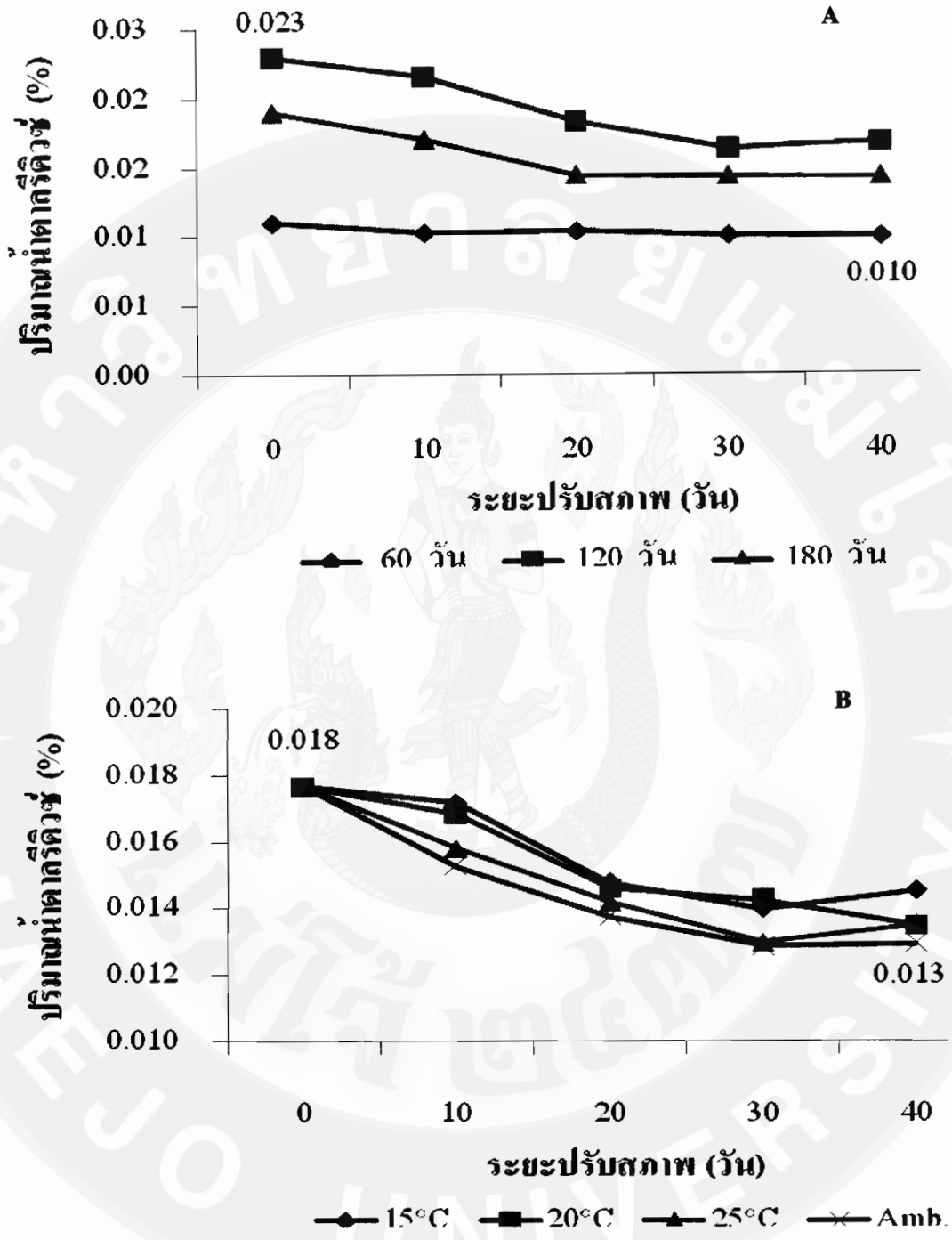
ภาพ 14 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



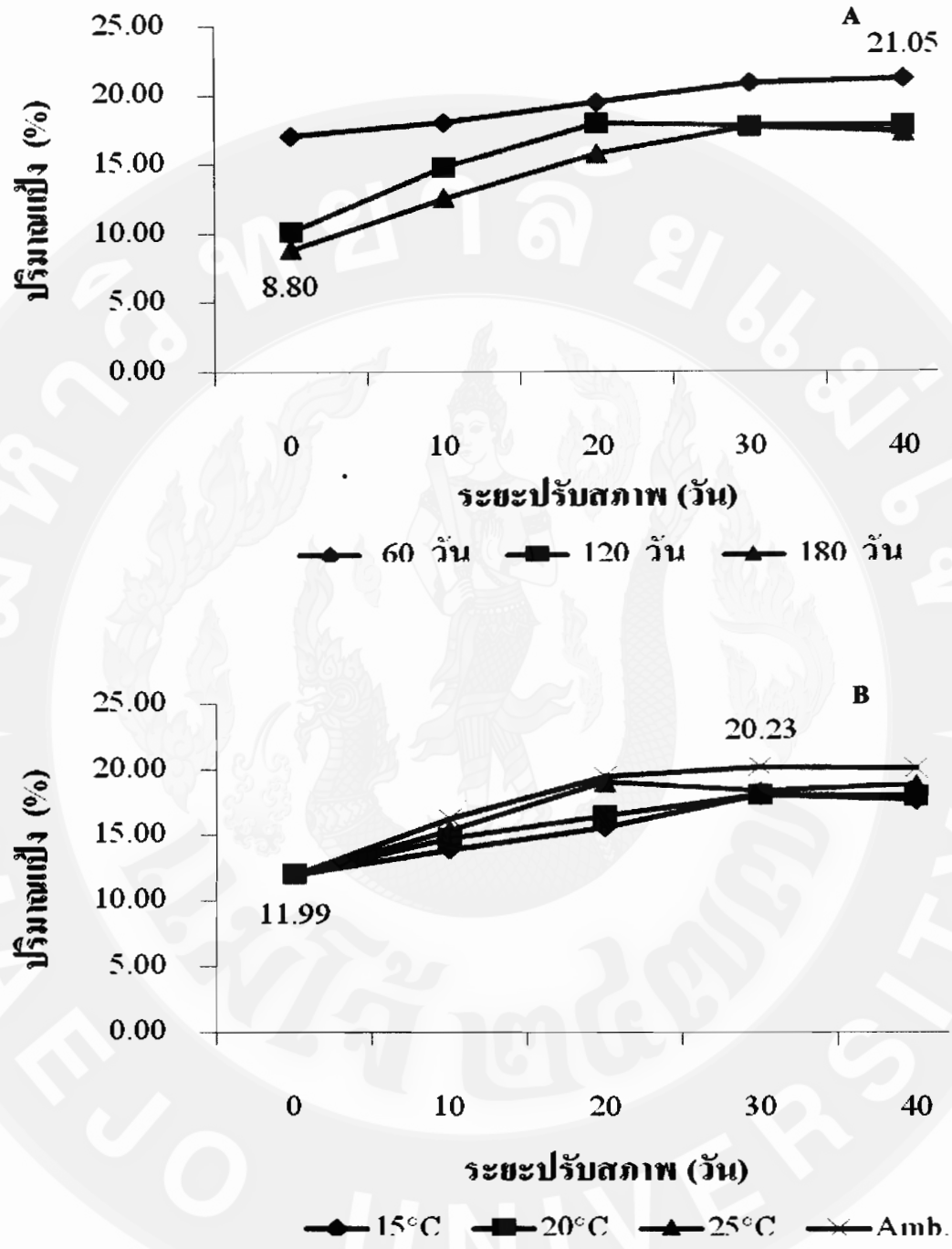
ภาพ 15 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



ภาพ 16 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



ภาพ 17 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ



ภาพ 18 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60, 120 และ 180 วัน (ภาพ A) และอุณหภูมิในการปรับสภาพที่ 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง (ภาพ B) ต่อปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งที่ระยะเวลาการปรับสภาพต่างๆ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาและการปรับสภาพที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่งตามวิธีการทดลองต่างๆ พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งในทุกการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน และทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง มีการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งมากที่สุด เนื่องจากกระบวนการหายใจนั้นเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของหัวมันฝรั่ง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เป็นกระบวนการที่หัวมันฝรั่งใช้พลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ จึงทำให้เกิดการดึงอาหารสะสมในรูปของแป้งในพลาสติด ที่เรียกว่า อะไมโลพลาสต์ มาใช้อยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้การคายน้ำของหัวมันฝรั่งยังเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้หัวมันฝรั่งสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2544) เมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันฝรั่งน้อยที่สุด เพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการปรับสภาพมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในหัวมันฝรั่ง ซึ่งอุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอปฏิกิริยาเคมีต่างๆ และยังสามารถลดการคายน้ำของหัวมันฝรั่งได้ (จริงแท้, 2544) เนื่องจากความดันไอน้ำของน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้น หมายความว่าที่อุณหภูมิสูง อากาศสามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (คนัย, 2540) ดังนั้นหัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงเกิดการสูญเสียน้ำได้น้อยกว่าหัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ทำให้น้ำหนักของหัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าวลดลงเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับ Rastovski et al. (1981) ที่รายงานว่า ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้หัวมันฝรั่งเกิดการสูญเสียเนื่องจากการระเหยของน้ำน้อยลง แต่ไม่เหมาะกับการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งจำนวนมาก ขณะที่ Khanbari and Thompson (1996) พบว่าการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 สัปดาห์ มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.3-2.7 เปอร์เซ็นต์ และ 3.4-6.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Razzaque and Roy (1997) ซึ่งพบว่าหัวมันฝรั่งเกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 65 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 12.5 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นถึง 47.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 160 วัน นอกจากนี้ Sharma (1978) ยังรายงานว่า การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งภายใต้สภาพบรรยากาศในช่วงฤดูร้อนเกิดการสูญเสียเพียง 5-6 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักแห้ง ปริมาณแป้ง ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา เนื่องจากยังมีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีทำให้อัตราการหายใจ การคายน้ำและการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเจริญของหน่อทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการสูญเสียน้ำ มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและมีการสูญเสียอาหารสะสมในรูปของแป้ง ส่งผลให้คุณภาพของหัวมันฝรั่งลดลงด้วย หัวมันฝรั่งยังมีชีวิตอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีการหายใจโดยใช้ออกซิเจนที่อยู่รอบๆ และพร้อมกันนี้คาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) จะถูกนำมาเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน รวมทั้งความร้อน ถ้าหัวมันฝรั่งมีอัตราการหายใจสูง การสูญเสียคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลในหัวมันฝรั่งจะเพิ่มมากขึ้นด้วย (Rastovski et al., 1981)

ค่าความถ่วงจำเพาะมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพ พบว่าระยะเวลาในการปรับสภาพ 10 วัน ของทุกระยะเวลาในการเก็บรักษาและทุกระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพ มีค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้นและลดลงในภายหลัง โดยระยะเวลาในการปรับสภาพ 40 วัน ของระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 วัน และระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง มีค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งมากที่สุด เนื่องจากการปรับสภาพที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมภายในหัวมันฝรั่งเกิดขึ้นเร็วกว่าการปรับสภาพที่อุณหภูมิต่ำ มีผลทำให้มีการสูญเสียน้ำออกจากหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น เทวิน (2529) รายงานว่า อุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 40-55 องศาฟาเรนไฮต์ และมีความชื้น 83-84 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้หัวมันฝรั่งยังมีความถ่วงจำเพาะสูงอยู่ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำและความชื้นที่สูงจะช่วยลดอัตราการหายใจและการคายน้ำของหัว มันฝรั่ง โดยการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้องจะทำให้หัวมันฝรั่งมีอัตราการหายใจสูงและทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มมากขึ้นด้วย

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงภายหลัง เมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพ พบว่าระยะเวลาในการปรับสภาพ 20 วัน ของระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของหัวมันฝรั่งน้อยที่สุด ส่วนระยะเวลาในการปรับสภาพ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหัวมันฝรั่งมากที่สุด เนื่องจากการปรับสภาพที่อุณหภูมิสูงหัวมันฝรั่งมีอัตราการหายใจและการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อาจจะไม่ใช่เฉพาะน้ำตาลกูลโคสและฟรุกโทส น้ำตาลรีดิวซ์ที่พบในพืชได้แก่ กาแลกโทส (galactose) แมนโนส (mannose) ไรโบส (ribose) และไซโลส

(xylose) ส่วนซูโครสและราฟฟีโนส ไม่ใช่น้ำตาลรีดิวซ์ (non-reducing sugar) ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่ง Smith (1977) รายงานว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความถ่วงจำเพาะมีผลต่อการแปรรูป คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความถ่วงจำเพาะจะเป็นดัชนีบอกปริมาณแป้งในหัวมันฝรั่ง หากมีค่าสูงแสดงว่ามีปริมาณแป้งภายในสูง หัวมันฝรั่งที่มีแป้งสูงนั้นเมื่อนำมาแปรรูปหรือประกอบอาหารมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ คือ ทำให้ผลผลิตของการแปรรูป มีการดูดซึมไขมันต่ำและผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อเนียนนุ่ม น่ารับประทาน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมันฝรั่งที่มีแป้งน้อย มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีเนื้อหยาบและมีรสชาติไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในช่วงระยะแรกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในภายหลัง โดยระยะเวลาการในเก็บรักษา 120 วัน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งมีมากกว่าระยะในการเก็บรักษา 60 และ 180 วัน เนื่องจากหัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานานมีการสะสมน้ำตาลภายในหัวมันฝรั่งเพิ่มสูงขึ้นและในระหว่างการเก็บรักษา แป้งอาจเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลได้ทั้งๆ ที่ยังไม่มีการงอกเกิดขึ้นถ้าหากเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 2 องศาเซลเซียส แต่จะเปลี่ยนกลับเป็นแป้งได้เมื่อย้ายกลับมาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลเสียต่ออุตสาหกรรมการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เพราะหัวมันฝรั่งที่มีปริมาณน้ำตาลอยู่มากเมื่อนำไปทอด น้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำทำให้ได้มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบที่มีคุณภาพต่ำ สันนิษฐานกันว่าปรากฏการณ์ที่แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในมันฝรั่งดังกล่าวจะทำให้มันฝรั่งสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ระหว่างฤดูหนาวในเขตอบอุ่นได้มากขึ้น เพราะเมื่อปริมาณน้ำตาลภายในเซลล์สูงขึ้น จุดเยือกแข็งจะลดลง (จริงแท้, 2544) ซึ่ง Mitchell and Rultedge (1973) ได้ศึกษาหัวมันฝรั่งที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลามากกว่า 1 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น เพราะระดับอุณหภูมิดังกล่าวเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของเอนไซม์ phosphorylase ในการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล ซึ่งการศึกษาในมันเทศ (sweet potatoes) ในช่วงของการทำ curing และการเก็บรักษาตามปกติเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณแป้งลดลงในตลอดช่วง 6 เดือนของการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วงของการ curing และการเก็บรักษา 2 เดือนแรก หลังจากนั้นมีปริมาณลดลงเล็กน้อย (Eskin et al., 1971) เช่นเดียวกัน สุภาพและสุรีรัตน์ (2544) รายงานว่า การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการเก็บรักษา 7-21 วัน หัวมันฝรั่งมีแนวโน้มของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ประมาณ 0.020-0.054 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับที่ ศิริพร (2540) รายงานว่า ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลมากกว่าที่อุณหภูมิสูง ในระหว่างการเก็บรักษาแป้งในหัวจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่ง

Oyenuga (1968) รายงานว่า ในหัวเผือกมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เป็นองค์ประกอบอยู่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่หัวเผือกมีการเปลี่ยนแปลงแป้งภายในหัวจะถูกสลายกลายเป็นน้ำตาลโดยเอนไซม์ phosphorylase เอนไซม์ตัวนี้จะทำกิจกรรมได้ดีที่ระดับอุณหภูมิต่ำ ประมาณ 4 องศาเซลเซียส จึงทำให้ปริมาณแป้งภายในหัวลดลงมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น เมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 120 วัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งมากกว่าทุกระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนระดับอุณหภูมิของการปรับภาพที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าทุกๆ อุณหภูมิ เนื่องจากการปรับสภาพที่อุณหภูมิสูงมีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ และการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งลดลง Moore et al. (1968) รายงานว่า อุณหภูมิต่ำทำให้มีการสะสมน้ำตาลในหัวมันฝรั่งมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้นและ Mitchell and Rultedge (1973) ศึกษามันฝรั่งที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลามากกว่า 1 เดือนจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะระดับอุณหภูมิดังกล่าวจะเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของ phosphorylase ในการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล เช่นเดียวกับ Kays (1991) รายงานว่า เอนไซม์ amylase และ phosphorylase จะสร้างน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและ Illeperuma et al. (1998) พบว่า การทำงานของเอนไซม์ sucrose phosphate synthase (SPS), sucrose synthase (SS) และ invertase จะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปกติ เมื่อทำการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน แต่เมื่อทำการย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ (2.53 kPa) จะทำให้การทำงานของเอนไซม์ invertase และ SPS ลงลด แต่ทำให้เอนไซม์ SS มีการทำงานเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในหัวมันฝรั่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งศิริพร (2540) รายงานว่า ในระหว่างการเก็บรักษาแป้งในหัวมันฝรั่งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลหรือในทางกลับกัน น้ำตาลในหัวมันฝรั่งจะเปลี่ยนเป็นแป้งก็ได้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวอาศัยเอนไซม์เป็นตัวควบคุมและเอนไซม์เหล่านี้มีอุณหภูมิเป็นตัวควบคุม เช่น ถ้าเก็บหัวไว้ที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส หัวมันฝรั่งจะมีรสหวานขึ้น ดังนั้นหัว มันฝรั่งที่จะเก็บไว้ใช้ในการแปรรูปเป็นมันแท่งทอด หรือมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จึงมักเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส

ปริมาณแป้งมีแนวโน้มลดลง โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน มีปริมาณแป้งภายในหัวมันฝรั่งน้อยกว่าทุกระยะในการเก็บรักษา ซึ่ง สุภาพและสุรีรัตน์ (2544) รายงานว่า การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 วัน ปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากหัวมันฝรั่งเริ่มมีการงอกเกิดขึ้น และเมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน มีปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าทุกระยะเวลาในการเก็บรักษา เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีระยะการเก็บรักษาสั้น การสูญเสียคาร์โบไฮเดรต

มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ยังมีปริมาณแป้งสะสมสูงอยู่และจะลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งมากกว่าทุกๆ อุณหภูมิ Samotus and Palasinski (1964) รายงานว่า หัวมันฝรั่งที่ถูกย้ายจากอุณหภูมิ 0 ไปยัง 20 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์แป้งขึ้นมาใหม่และในขณะเดียวกัน จะมีการสลายตัวของน้ำตาลเชิงเดี่ยวและซูโครสเกิดขึ้นด้วย เช่นเดียวกัน ศิริพร (2540) รายงานว่า ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่สูงในหัวมันฝรั่งสามารถลดให้ต่ำลงได้ โดยนำหัวนั้นไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส นาน 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้ปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่งลดต่ำลง เนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ แต่การกระทำเช่นนี้ มักไม่ได้ผลในกรณีที่หัวมันฝรั่งมีน้ำตาลอยู่สูงมากๆ (ศิริพร, 2540) ซึ่ง Salunkhe and Desai (1984) กล่าวว่า อุณหภูมิประมาณ 10-12.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป ขณะที่ สุภาพและสุรีรัตน์ (2544) รายงานว่า หัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น และมีสีทอดดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่งมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน มีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของสีเนื้อมันฝรั่งน้อยที่สุด เนื่องจากหัวมันฝรั่งเมื่อเก็บรักษาไว้ยาวนาน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการสลายตัวของสารสีเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง เมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 180 วัน และระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพที่ 15 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน มีค่าความสว่างของสีเนื้อมันฝรั่งน้อยที่สุด เนื่องจากหัวมันฝรั่งเมื่อเก็บรักษาไว้ยาวนานการสลายตัวของสารสีเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่างของสีเนื้อมันฝรั่งลดลง Salunkhe and Desai (1984) รายงานว่า เมื่อเก็บรักษาหัวมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เอนไซม์ tyrosinase จะมีบทบาททำให้สีของหัวมันฝรั่งจางลง ซึ่งรงควัตถุในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเม็ดสี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แคโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ โดยแคโรทีนอยด์เป็นสารที่ละลายในน้ำมัน มีช่วงสีจากเหลือง ส้มและแดงเกิดในคลอโรพลาสและยังพบในโครโมพลาสด้วย มันฝรั่งที่มีเนื้อสีเหลืองจะมีแคโรทีนอยด์อยู่ 0.014-0.054 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แคโรที-นอยด์จะมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากมีพันธะคู่มากจึงสามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ซึ่งจะมีผลให้สีจางลง ส่วน ฟลาโวนอยด์ที่มีในหัวมันฝรั่งส่วนใหญ่เป็นพวกแอนโธแซนตินและมีสีขาวนวลจนถึงสีขาวเหลือง (เทวิน, 2529) Burton (1966, อ้างโดย Pual, 1992) รายงานว่า เนื้อเยื่อของมันฝรั่งมีตั้งแต่สีเหลืองเข้มถึงเหลืองอ่อนหรือไม่มีสี ซึ่งระดับความเข้มของสีนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ของมันฝรั่ง ในกรณีที่สีเนื้อของมันฝรั่งมีสีขาวนั้น

เพราะเม็ดสีพวกแอนโธแซนติน ซึ่งมีสีขาว เม็ดสีชนิดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่า pH กล่าวคือ ถ้ามันฝรั่งมีค่า pH ต่ำเนื้อมันฝรั่งจะมีสีขาว แต่ถ้าหัวมันฝรั่งมีค่า pH สูงเนื้อมันฝรั่งจะมีสีเหลือง (กนกมณฑล, 2536)

ตลอดระยะเวลาในเก็บรักษาและการปรับสภาพของหัวมันฝรั่งไม่ปรากฏโรคของมันฝรั่ง เนื่องจากทำการผึ่งหัวมันฝรั่ง (curing) ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ทำให้หัวมันฝรั่งมีการซ่อมแซมแผล รักษาคุณภาพผิวของหัวมันฝรั่ง จึงช่วยชะลอการเข้าทำลายของโรค สายชล (2528) กล่าวว่า พืชหัวหลังจากทำการเก็บเกี่ยวแล้วต้องมีการสมานแผล โดยนำไปเก็บไว้ในสภาพที่มีความชื้นและอุณหภูมิเหมาะสมเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคและเกิดการเน่าเสีย เช่นเดียวกับ Salunkhe and Desai (1984) ได้รายงานว่า การสมานแผลที่อุณหภูมิประมาณ 8-20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยลดการสูญเสียจากเชื้อจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษาได้และควรมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (ศิริพร, 2540)

หัวมันฝรั่งเมื่อเก็บรักษานานมีการเจริญของหน่อเพิ่มขึ้น โดยจะเริ่มแตกหน่อในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบในระยะการเก็บรักษา 135 วัน สำหรับหัวมันฝรั่งที่นำมาปรับสภาพ จากระยะเวลาในเก็บรักษา 60 และ 120 วัน จะเริ่มมีการแตกหน่อ ภายหลังการปรับสภาพ 30 และ 5 วัน ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาในเก็บรักษา 180 วัน ภายหลังการปรับสภาพหัวมันฝรั่งมีการเจริญของหน่อเพิ่มขึ้น เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีการแตกหน่อมาก่อนแล้ว โดยระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพที่ 15 องศาเซลเซียส มีการเจริญของหน่อมากกว่าทุกๆ อุณหภูมิทำให้คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปอาหารสะสมภายในหัวมันฝรั่งถูกแปรสภาพไปเป็นพลังงานเพื่อใช้ในกระบวนการงอก (Ruamrungsri et al., 2001) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิบางระดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 16-20 องศาเซลเซียส จะกระตุ้นการเจริญของตามากที่สุด ทำให้ตางอกได้เร็วและพบว่าอัตราการเจริญของต้นอ่อนที่งอกจากหัวใหญ่ จะเร็วกว่าการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่งอกจากหัวขนาดเล็ก ถ้ามีความชื้นสูงจะทำให้ระยะเวลาการพักตัวของหัวมันฝรั่งสั้นลง (ธงไชย, 2529) นอกจากนี้หัวมันฝรั่งที่มีการแตกหน่อจะพบสารพิษที่พบในหัวมันฝรั่งได้แก่ ไกลโคแอลคาลอยด์ (glycoalkaloids) หากมีปริมาณมากจะเป็นตัวป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย (Percival and Bain, 1999)

ค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพ พบว่าระดับอุณหภูมิของการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 40 วัน มีค่าความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งน้อยที่สุด การสูญเสียเนื่องจากการเจริญของ

หน่อที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สูงกว่าทุกๆ อุณหภูมิ ธงไชย (2529) รายงานว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิบางระดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 16-20 องศาเซลเซียส จะกระตุ้นการเจริญของตามากที่สุด ทำให้ตางอกได้เร็ว จริงแท้ (2544) กล่าวว่า การอ่อนนุ่มของผลไม้ในระหว่างการสุกนั้นเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงรูปของอาหารสะสมภายใน โดยเฉพาะอาหารสะสมในรูปของแป้งภายในเซลล์ เมื่อผลไม้สุกแป้งถูกเปลี่ยนจากโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่และละลายน้ำได้น้อยไปเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กลงและละลายน้ำได้ดี ส่งผลให้ผลไม้อ่อนนุ่มลงได้ โดยแป้งในหัวมันฝรั่งเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทำให้ความแน่นเนื้อของหัวมันฝรั่งลดลง นิ่มและเหี่ยว คุณภาพลดลงมาก

คุณภาพสีของมันฝรั่งหลังทอดทุกช่วงระยะเวลาในการเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีคะแนนสีของมันฝรั่งหลังทอดสูงเท่ากับ 5 คะแนน (สีน้ำตาล) จัดเป็นระดับสีที่ต่ำกว่ามาตรฐานจากการเปรียบเทียบสีของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเลย์ (Lay) กับมาตรฐานของ USDA Color Standard for Frozen French Fried Potatoes (Smith, 1977) และเมื่อนำหัวมันฝรั่งเก็บรักษา 60 วัน มาปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 และอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็น 10 วัน และหัวมันฝรั่งเก็บรักษา 120 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง เป็น 10 วัน ให้คุณภาพสีของมันฝรั่งหลังทอดมีคะแนนสี เท่ากับ 2 คะแนน (เหลืองอ่อน) คุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีกว่าทุกๆ ระยะเวลาในการเก็บรักษาและในระดับอุณหภูมิอื่นๆ หัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำสีของมันฝรั่งหลังทอดที่ได้มีสีคล้ำ เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์จะถูกสะสมมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีการสะสมได้รวดเร็วกว่าน้ำตาลซูโครส (Eskin et al., 1971) สุภาพและสุรีรัตน์ (2544) รายงานว่า การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้หัวมันฝรั่งมีน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นและมีสีของมันฝรั่งทอดค่อนข้างคล้ำ ขณะที่หัวมันฝรั่งเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 2 องศาเซลเซียส แต่จะเปลี่ยนกลับเป็นแป้งได้เมื่อย้ายกลับมาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลเสียต่ออุตสาหกรรมการผลิต potato chip เพราะมันฝรั่งที่มีน้ำตาลอยู่มากเมื่อนำไปทอด น้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำทำให้ได้ potato chip ที่มีคุณภาพต่ำ สันนิษฐานกันว่าปรากฏการณ์ที่แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในมันฝรั่งดังกล่าว จะทำให้มันฝรั่งสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ระหว่างฤดูหนาวในเขตอบอุ่นได้มากขึ้น เพราะเมื่อปริมาณน้ำตาลภายในเซลล์สูงขึ้นจุดเยือกแข็งจะลดลง (จริงแท้, 2544) ซึ่งปริมาณน้ำตาลสะสมในหัวมันฝรั่งสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ได้มีสีคล้ำ เนื่องจากความร้อน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน หรือโปรตีนในหัวมันฝรั่งที่เรียกว่าปฏิกิริยา Maillard ให้เกิดขึ้นได้ง่าย ผลของปฏิกิริยานี้คือ สารสีน้ำตาล ดังนั้นความเข้มของสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดจะมากหรือน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นกับปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ในหัวมันฝรั่ง (สินธนา,

2541) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลกับผลิตภัณฑ์ที่มีสาเหตุเนื่องจากน้ำตาลอีกลักษณะหนึ่งคือ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยา caramelization ซึ่งเกิดจากการที่น้ำตาลได้รับความร้อนจากการแปรรูปที่ระดับอุณหภูมิสูงๆ เช่นการอบ การทอด ดังนั้นถ้าหากมันฝรั่งหรือเผือกมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในหัวสูง โอกาสที่จะเกิดสีน้ำตาลคล้ำในผลิตภัณฑ์เนื่องจาก Maillard reaction และ caramelization ก็สูงด้วยเช่นกัน (Iritani and Weller, 1980) เช่นเดียวกัน นิกอน (2534) รายงานว่า การใช้อุณหภูมิในการทอดที่สูงเกินไปเป็นเวลานาน จะทำให้น้ำตาลที่มีในหัวมันฝรั่งถึงจุดหลอมเหลวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีขึ้น เรียกกระบวนการนี้ว่า caramelization ซึ่งเกิดจากน้ำตาลได้รับความร้อนสูงๆ จนเกิดการหลอมเหลวและน้ำในหัวมันฝรั่งจะระเหยออกจากโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลจึงทำให้เกิดสีดำขึ้นดังนั้นจึงควรใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมและระยะเวลาตามกำหนดในการทอด สำหรับมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จะใช้อุณหภูมิในการทอด 375 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 2.5-3 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสม คุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีขึ้น ทั้งนี้หัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาในระยะสั้นมีปริมาณแป้งสะสมสูงอยู่และการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้องช่วยลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้รวดเร็ว ทำให้คุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีขึ้น ซึ่ง Smith (1977) รายงานว่า มันฝรั่งพันธุ์ Russet Burbank มีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ 0.0125 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแข็งทั้งหมด 19.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิ 375 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 2-3 นาที แล้วผลปรากฏว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนซึ่งเป็นสีที่ดี ทั้งนี้ในการตรวจสอบคุณภาพสีของ มันฝรั่งหลังทอดได้ทำการเปรียบเทียบคุณภาพสีของมันฝรั่งทอดในท้องตลาด ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค คือ มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเลย์กับมาตรฐานของ USDA Color Standard for Frozen French Fried Potatoes ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 2 คะแนน (เหลืองอ่อน) เป็นคุณภาพสีหลังทอดที่ดี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของหัวมันฝรั่งน้อยกว่าและมีค่าน้ำหนักแห้ง ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณแป้งของหัวมันฝรั่งมากกว่า นอกจากนี้หัวมันฝรั่งยังมีคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเก็บรักษา 120 และ 180 วัน

2. หัวมันฝรั่งที่ผ่านระยะเวลาในการเก็บรักษา 60 วัน ทำการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน มีปริมาณแป้งภายในหัวมันฝรั่งสูงและให้คุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีที่สุด รองลงมาคือ การปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและพบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) ของสีเนื้อมันฝรั่ง ค่าความแน่นเนื้อ ค่าน้ำหนักแห้ง และปริมาณแป้งภายในหัวมันฝรั่งโดยเฉลี่ยสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเก็บรักษา 120 และ 180 วัน จากการทดลองนี้แสดงว่าการปรับสภาพที่อุณหภูมิห้อง สามารถลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และเพิ่มปริมาณแป้งภายในหัวมันฝรั่ง ให้คุณภาพสีของมันฝรั่งทอดดีขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ต่อมันฝรั่งเพื่อการแปรรูปต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งเพื่อใช้แปรรูปควรคัดคุณภาพและขนาดของหัวมันฝรั่งที่ต้องการใช้ก่อน หากหัวมันฝรั่งมีขนาดโตเกินไปจะพบว่าภายในบริเวณกลางหัวมันฝรั่งเกิดไส้กลวง ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่สวยงามเมื่อนำมาแปรรูปเป็นมันแผ่นทอดกรอบ

2. ควรเก็บหัวมันฝรั่งไว้ในที่มืด มีอากาศถ่ายเท ไม่ให้ถูกแสงหรือใช้วัสดุบังแสงเพื่อป้องกันการเกิดสีเขียวและลดการสูญเสียของหัวมันฝรั่งได้

3. หลังจากนำหัวมันฝรั่งมาปรับสภาพที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน แล้วควรรีบใช้ให้เร็วที่สุดไม่เกิน 30 วัน เพราะว่าหัวมันฝรั่งจะเริ่มแตกหน่อ นิ่มและเหี่ยวเพิ่มขึ้น คุณภาพลดลง

บรรณานุกรม

กนกมณฑล ศรศรีวิชัย. 2536. **การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์การเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว.** เทคโนโลยีและสรีรวิทยา. กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีและสรีรวิทยา. รัตนพลพริ้นติ้ง. 166 น.

กรมวิชาการเกษตร. 2549. **มันฝรั่ง (potato).** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.doa.go.th/pl_data/POTATO/3var/var01.html (20 ธันวาคม 2549).

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 396 น.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, วิวัฒน์ หวังเจริญ, ยงยุทธ ข้ามสี่ และเธียรชัย สันดุษฎี. 2542. **รายงานผลงานวิจัยการคัดเลือกผลมะม่วงแก้วเพื่อการส่งออกและแปรรูป.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 49 น.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. **สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน.** เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 222 น.

ดารารัตน์ ดาวเรือง, พรธิภา อาคะติโต, วินดา มุละสีวะ และศิริรัตน์ ทวีชาติ. 2542. **การตรวจสอบคุณภาพมันฝรั่งเพื่อการแปรรูปจำนวน 7 พันธุ์.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 87 น.

เทวิน ตาลาคุณ. 2529. **การปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งประเภท French fries แช่แข็ง.** เชียงใหม่: คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 36 น.

ธงไชย ทองอุทัยศรี. 2529. **การผลิตมันฝรั่ง (Potato production).** เชียงใหม่: ฝ่ายส่งเสริมการเกษตร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 89 น.

นิกอน ทองโอ. 2534. **การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมันฝรั่งพันธุ์ Russet burnbank และ Spunta.** เชียงใหม่: คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 42 น.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ. 2533. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เศรษฐกิจ.** เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 213 น.

นิรนาม. 2539. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 504 น.

บัณฑูรย์ วาฤทธิ์ และนาตยา คำอำไพ. 2546. **มันฝรั่ง.** เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 110 น.

ประเสริฐ อนุพันธ์. 2541. มันฝรั่งและศัตรูที่สำคัญ. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 22**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชสวน ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 90 น.

มณเฑียร วงศ์อรุณ และวัชเรศ เนตรนพรัตน์. 2533. **การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของเผือกที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน**. เชียงใหม่: คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 52 น.

มาโนช ทองเจียม. 2541. มันฝรั่ง. **วารสารกสิกร**. 71(2): 114-123.

วิวัฒน์ ภานุอำไพ. 2538. **ผลของสภาพการปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ผลต่อคุณภาพในการบริโภคและการแปรรูปมันฝรั่ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 108 น.

ศิริพร พงศ์สุภสมิทธิ์. 2540. **เอกสารคำสอนการผลิตมันฝรั่งและหัวพันธุ์มันฝรั่ง**. ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 115 น.

_____. 2542. **เอกสารคำสอนการผลิตมันฝรั่งและหัวพันธุ์มันฝรั่ง**. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 115 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 237 น.

สมฤทธิ์ อุตเจริญ. 2543. **การศึกษาการผลิตการตลาดของมันฝรั่ง**. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์สหกรณ์ มหาวิทยาแม่โจ้. 60 น.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2545. **รายงานผลการดำเนินงานโครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งเพื่อลดการนำเข้า**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 36 น.

สายชล เกตุษา. 2528. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 364 น.

สินธนา ลีนานุรักษ์. 2541. **เอกสารประกอบการสอน ทอ474 การแปรรูปผักและผลไม้**. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 201 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. **ผลการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร มันฝรั่ง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/mis/predict/Pomr48.html (28 กันยายน 2552).

สุภาพ เรียนไธสง และสุรีรัตน์ กาญจนะ. 2544. **ผลของการใช้สารเคลือบผิว sta-fresh # 7100 และอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพของหัวมันฝรั่ง**. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาแม่โจ้. 50 น.

ไสว พงษ์เก่า. 2534. **พืชเศรษฐกิจ**. เล่มที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 904 น.

อรรถยา ว่องวิบูลย์พร, กัณรัตน์ กฤษฎาชัยทิพย์ และประมวล ศรีกาหลง. 2542. การลดการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นมันฝรั่งทอด. Reduction of color changing of potato chips. ใน **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการในงานนิทรรศการ 30 ปี**. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร. น. 371-379.

Beukena, H. P. and D. E. Vander Zaag. 1979. **Potato Improvement: Some Factors and Facts**. The Netherlands: International Agriculture Center. Wageningen. 224 p.

Braun, H. 1948. Solanine accumulation in potato tubers. Cited by O. Smith. 1977. **Potatoes: Production. Storing Processing**. 2nd ed. Connecticut: Westport. 776 p.

Burton, W. G. 1966. The Potato. Cited by M. Paul. 1992. **The Potato: The Scientific Basis for Improvement**. 2nd ed. London: Chapman & Hall. 909 p.

Eskin, N.A.M., H.M. Henderson. and R.J. Townsend. 1971. **Biochemistry of Foods**. NewYork: Academic Press. 240 p.

Gull, D. D. 1960. Chlorophyll and solanine changes in tubers of *Solanum Tuberosum* induced by fluorescent light and study of solanine toxicology by bioassay technique. Cited by Rastovski, A., N. Buitelaar, A. Van Es, P. H. de Haan, K. J. Hartmas, C. P. Meijers, J. H. W. vander Schild, P. H. Sijbring, H. Sparenberg, B. H. Van Zwol and D. E. vander Zaag. (eds.). 1981. **Storage of Potato: Post-Harvest Behaviou. Store design. Storage Practice. Handling**. Netherlands: Wageningen. 462 p.

Hawkes, J. G. 1992. History of the potato. pp. 1-14. In P. M. Harris (ed.). **The Potato Crop**. London: Chapman and Hall Ltd.

Heisler, E. G., J. Siciliano, C. F. Woodward and W. L. Proter. 1964. After cooking discoloration of potatoes: Role of the organic acid. **J. Food Sci.** 29: 555-564.

Illeperuma, C., D. Schlimame and T. Solomos. 1998. Changes in sugars and activitives of sucrose phosphate synthase, sucrose synthase and invertase during potato tuber (Russet Burbank) reconditioning at 10 °C. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 123(2): 311-316.

Iritani, W. M. and L. D. Weller. 1980. **Sugar Development in Potatoes: Extention Bulletin Cooperative**. Connecticut: Westport. 717 p.

Kays, S. J. 1991. **Postharvest Physiology of Perishable Plant Products.** America: Van Nostrand Reinhold. 532 p.

Khanbari, O. S. and A. K. Thompson. 1996. Effect of controlled atmosphere, temperature and cultivar on sprouting and processing quality of stored potatoes. **Potato Research.** 39(4): 523-531.

Mitchell, R. S. and P. J. Ruttedge. 1973. Control of color in potato. **J. Food Technol.** 8: 133-137.

Mondy, N. I., L. R. Matick and S. E. Owwns. 1963. The effect of storage during sprouting. **Am. Potato J.** 46: 329-335.

Moor, M. D., L. D. Van Blaricom and T. L. Senn. 1968. **The effect of storage temperature of Irish potatoes on the resultant chip color.** Clemson. College Res. Series. 43: 1-25.

Nonnecke, I. L. 1989. **Vegetable production.** America: Van Nostrand Reinhold. 657 p.

Onwueme, I. C. 1978. **The tropical tuber crops.** Chichester; NewYork: Wiley 234 p.

Percival, G. and R. Bain. 1999. Ligth induced bio-control of potato tuber blight. In **Abstracts of the 14th triennial Conference of the European Association for Potato Research.** Netherland: Wageningen. pp. 176-177.

Pringle, R., C. Bishop and R. Clayton. 2009. **Potatoes Postharvest.** London: CAB international. 427 p.

Rastovski, A., N. Buitelaar, A. Van Es, P. H. de Haan, K. J. Hartmas, C. P. Meijers, J. H. W. vander Schild, P. H. Sijbring, H. Sparenberg, B. H. Van Zwol and D. E. vander Zaag. 1981. **Storage of Potato: Post-Harvest Behaviour, Store design., Storage Practice.** Netherlands: Handling. Wageningen. 462 p.

Razzaque, M. A. and I. Roy. 1997. A study on weight loss occurring in three on-farm storage system of potato tubers in Bangladesh. **J. Thai. Agric. Sci.** 30: 53-58.

Ruamrungsri, S., N. Ohtake, S. Kuni, C. Suwanthada, P. Apavatjrut and T. Ohyama. 2001. Changes in nitrogenous compounds, carbohydrates and abscisic acid in potato. **Hort. Sci. & Biotech.** 76: 48-51.

Rubatzky, V. E. and Y. Mas. 1997. **World Vegtables. Principles Production and Nutritive** Values. 2nd ed. America: Department of Vegetable Crops. University of California. Chapman & Hall. 843 p.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984. **Postharvest Biotechnology of Vegetables Vol.** I. Boca Raton, Florida: CRD Press. 208 p.

Samotus, B. and M. Palasinski. 1964. Transformation of carbohydrates in potato tubers transferred from low to high temperature during storage. **Zeszyty Nank Wyzszeg Szkoly Rolniczej Krakowie. Rolnictwo.** 10(2): 81-97.

Schwartz, J. H., R. B. Greenspun and W. L. Poter. 1961. Chemical composition of potatoes. Vol. II. Relation of organic acid concentrations to specific gravity and storage time. **Food Technol.** 15: 364-366.

Schwimmer, S. and H. K. Burr. 1967. **Structure and Chemical Composition of the Potato Tuber**. Chapter 2 in Potato Processing . 2nd ed. Connecticut: Westport. pp. 12-43.

Smith, O. 1977. **Potatoes: Production. Storing. Processing**. 2nd ed. Connecticut: Westport. 776 p.

Sterling, C. and J. Pangborn. 1960. Fine structure of potato starch. Cited by O. Smith. 1977. **Potatoes: Production. Storing. Processing**. 2nd ed. Connecticut: Westport. 776 p.

Woodroof, J. G. and B. S. Luh. 1975. **Commercial Fruit Processing**. Connecticut: Westport. 218 p.

Yanaguchi, M. and C. M. Wu. 1975. **Composition and Nutritive Value of Vegetables for Processing. in Commercial Vegetable Processing**. 2nd ed. Connecticut: Westpot. pp. 652-653

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการเตรียมสารเคมี วิธีการวิเคราะห์และการคำนวณ

วิธีการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar as glucose, DNS-method) และปริมาณแป้งตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) และ Miller (1956)

วิธีการเตรียมสารเคมี

1. zinc acetate solution : ละลาย $Zn(OAC)_2$ 6 กรัม ในน้ำ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2. Potassium ferrocyanide solution : ละลาย $K_4Fe(CN)_6$ 6 กรัม ในน้ำ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

3. phosphotungstic acid solution : ละลาย phosphotungstic acid 20 กรัม ในน้ำ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง

4. dinitro salicylic acid reagent (DNS)

- sodium hydroxide 10 กรัมต่อลิตร
- potassium sodium tartrate 182 กรัมต่อลิตร
- dinitro salicylic acid 2 กรัมต่อลิตร
- phenol 2 กรัมต่อลิตร
- sodium sulphite 0.5 กรัมต่อลิตร
- H_2O 1 ลิตร

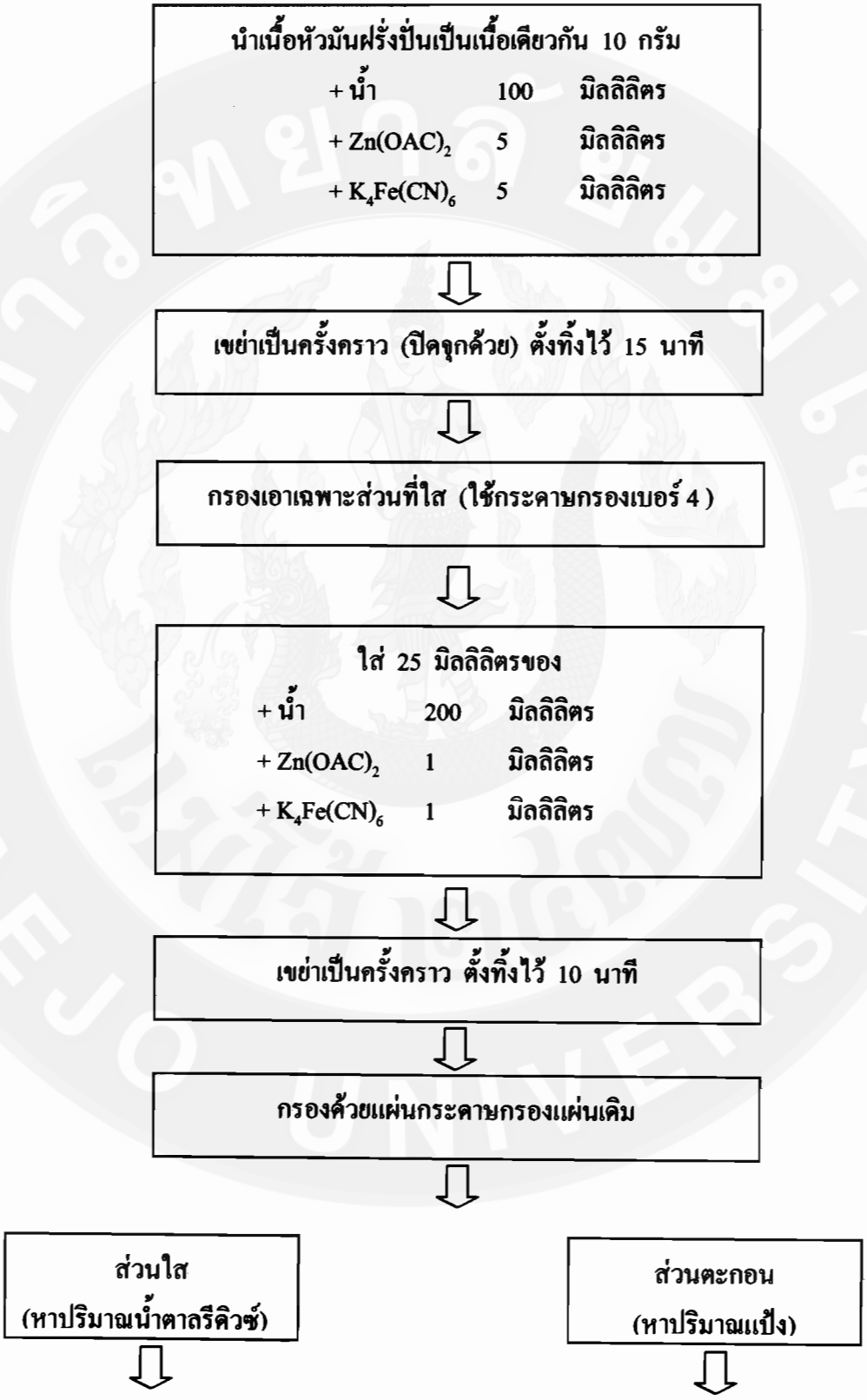
นำสารทั้งหมดละลายเข้าด้วยกันแล้วใส่ในขวดสีชา เก็บไว้ในตู้เย็น

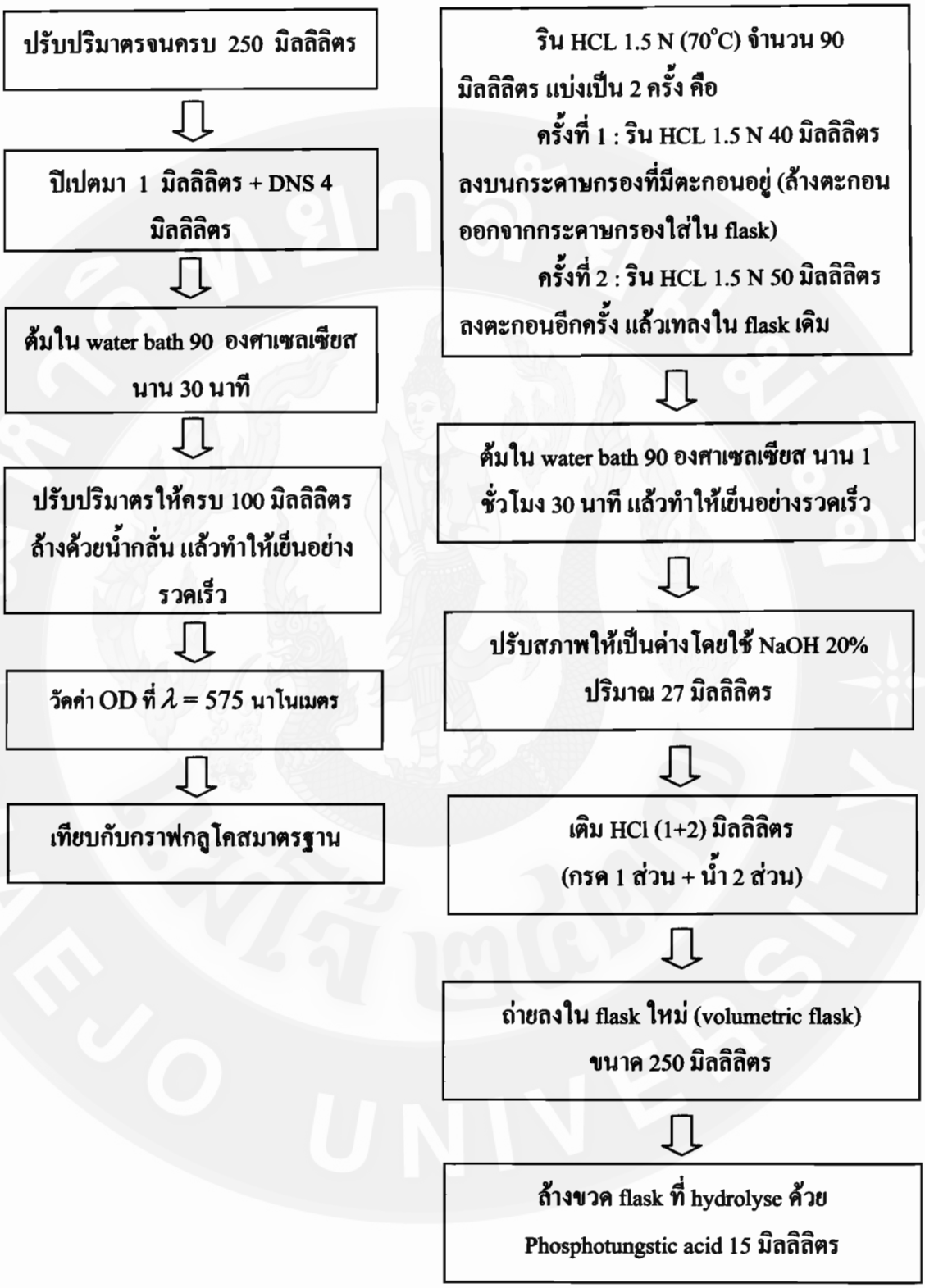
1. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน (standard glucose solution) : ละลายกลูโคส (A.R. grade) 1 กรัม ในน้ำ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

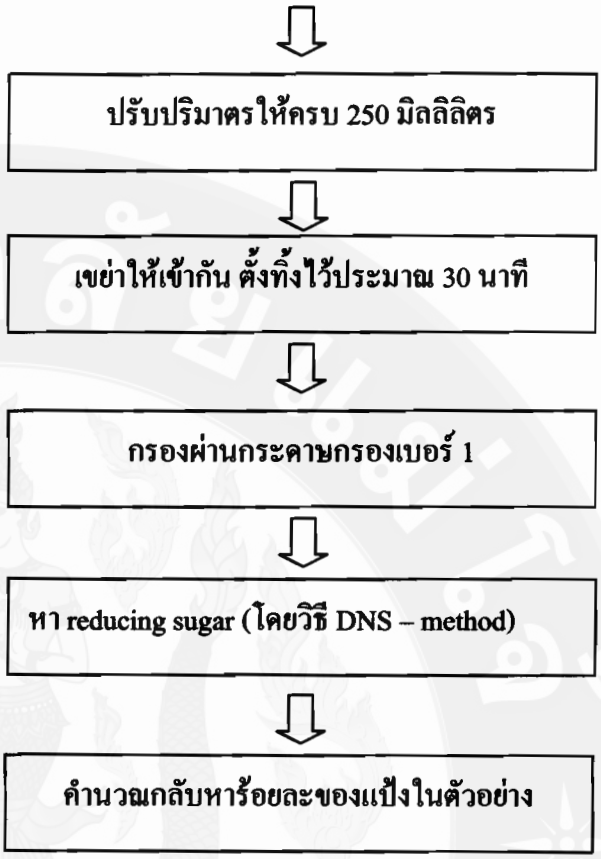
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid solution) ความเข้มข้น 1.5 N

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 % ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 200 กรัม ในน้ำแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

ภาพผนวก 1 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแป้ง




ปรับปริมาตรจนครบ 250 มิลลิลิตร
ปิเปตมา 1 มิลลิลิตร + DNS 4 มิลลิลิตร
ต้มใน water bath 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว
วัดค่า OD ที่ λ = 575 นาโนเมตร
เทียบกับกราฟกลูโคสมาตรฐาน
ริน HCL 1.5 N (70°C) จำนวน 90 มิลลิลิตร แบ่งเป็น 2 ครั้ง คือ
ครั้งที่ 1 : ริน HCL 1.5 N 40 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองที่มีตะกอนอยู่ (ล้างตะกอนออกจากกระดาษกรองใส่ใน flask)
ครั้งที่ 2 : ริน HCL 1.5 N 50 มิลลิลิตร ลงตะกอนอีกครั้ง แล้วเทลงใน flask เดิม
ต้มใน water bath 90 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว
ปรับสภาพให้เป็นด่างโดยใช้ NaOH 20% ปริมาณ 27 มิลลิลิตร
เติม HCl (1+2) มิลลิลิตร (กรด 1 ส่วน + น้ำ 2 ส่วน)
ถ่ายลงใน flask ใหม่ (volumetric flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
ล้างขวด flask ที่ hydrolyse ด้วย Phosphotungstic acid 15 มิลลิลิตร



การทำกราฟกลูโคสมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานจำนวน 0, 2, 4 และ 6 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง

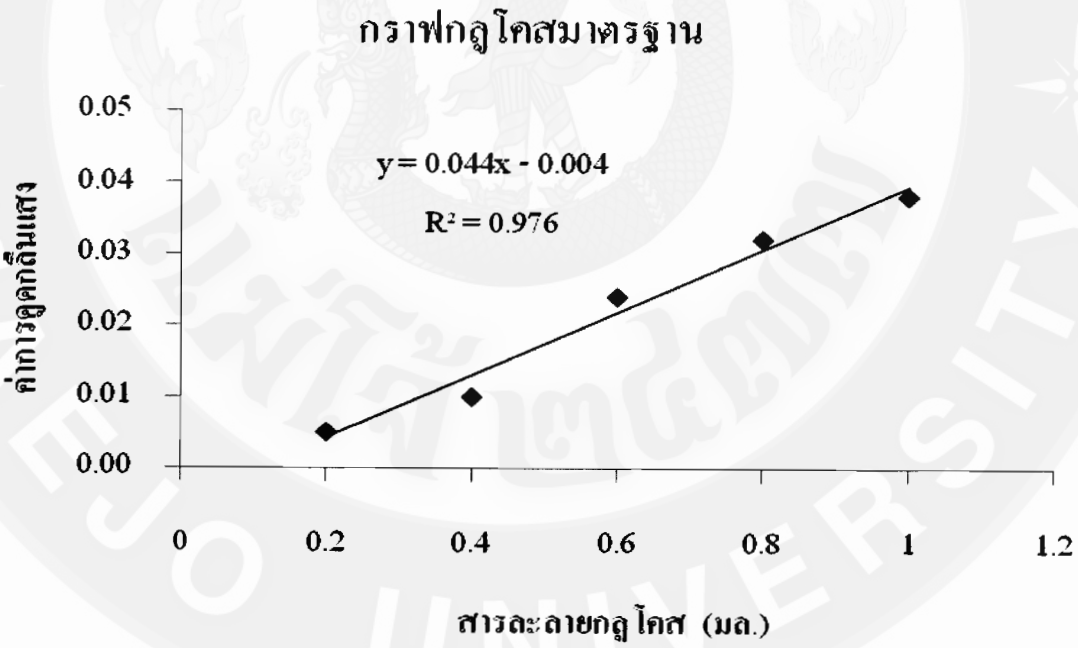
2. เติม DNS reagent 4 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส (ใน water bath) เป็นเวลา 30 นาที

3. เติมน้ำให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 30 มิลลิลิตร แล้วทำให้อย่างรวดเร็ว

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 575 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank แทนตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และเติม DNS reagent 4 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 30 มิลลิลิตร

ตารางผนวก 1 ค่าการดูดกลืนแสงของกลูโคส

สารละลายกลูโคส(มล.)	ค่าการดูดกลืนแสง		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
0.2	0.006	0.004	0.005
0.4	0.008	0.012	0.01
0.6	0.025	0.022	0.024
0.8	0.026	0.037	0.032
1	0.042	0.034	0.038



ภาพผนวก 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 575 นาโนเมตร กับปริมาณกลูโคสมาตรฐาน

สูตรในการคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และแป้ง

$$\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{K_1 \times B \times 100 \times \text{dilution}}{1000 \times A}$$

$$\text{ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{K_2 \times V \times 100 \times \text{dilution}}{1000 \times A}$$

เมื่อ K1 = Slope × I

K2 = Slope × 0.9 × I

Slope = ค่าที่ได้จากกราฟกลูโคสมาตรฐาน

I = ค่าการดูดกลืนแสง

0.9 = ค่าคงที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้ง

B = ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่ใช้ (ในส่วนใส)

V = ปริมาณของเหลวที่ใช้ (ในส่วนตะกอน)

A = น้ำหนักของตัวอย่าง

Dilution = ระดับการเจือจาง

ตารางผนวก 2 ความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะ น้ำหนักแห้งและแป้งในหัวมันฝรั่ง

ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนักแห้ง	แป้ง	ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนักแห้ง	แป้ง	ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนักแห้ง	แป้ง
1.069	19.00	12.92	1.093	23.50	17.19	1.117	28.10	21.54
1.070	19.20	13.11	1.094	23.70	17.30	1.118	28.20	21.64
1.071	19.40	13.30	1.095	23.90	17.56	1.119	28.40	21.83
1.072	19.60	13.49	1.096	24.10	17.75	1.120	28.60	22.01
1.073	19.80	13.68	1.097	24.30	17.94	1.121	28.80	22.21
1.074	20.00	13.87	1.098	24.50	18.13	1.122	28.90	22.30
1.075	20.20	14.06	1.099	24.70	18.32	1.123	29.10	22.49
1.076	20.40	14.25	1.100	24.90	18.51	1.124	29.30	22.68
1.077	20.60	14.44	1.101	25.00	18.61	1.125	29.50	22.87
1.078	20.80	14.63	1.102	25.20	18.89	1.126	29.70	23.06
1.079	21.00	14.82	1.103	25.40	18.99	1.127	29.90	23.25
1.080	21.20	15.00	1.104	25.60	19.18	1.128	30.10	23.43
1.081	21.30	15.10	1.105	25.80	19.37	1.129	30.30	23.63
1.082	21.50	15.29	1.106	26.00	19.55	1.130	30.40	23.72
1.083	21.70	15.48	1.107	26.20	19.74	1.131	30.60	23.91
1.084	21.80	15.57	1.108	26.30	19.84	1.132	30.80	24.10
1.085	22.00	15.76	1.109	26.50	20.03	1.133	31.00	24.29
1.086	22.20	15.95	1.110	26.70	20.22	1.134	31.20	24.48
1.087	22.40	16.14	1.111	26.90	20.41	1.135	31.40	24.67
1.088	22.60	16.33	1.112	27.10	20.60	1.136	31.60	24.86
1.089	22.80	16.43	1.113	27.30	20.79	1.137	31.80	25.05
1.090	23.00	16.71	1.114	27.50	20.98	1.138	32.00	25.24
1.091	23.10	16.81	1.115	27.70	21.17	1.139	32.10	25.33
1.092	23.30	17.00	1.116	27.90	21.35	1.140	32.20	25.43

(ที่มา : นิธิยาและคนัย, 2533)

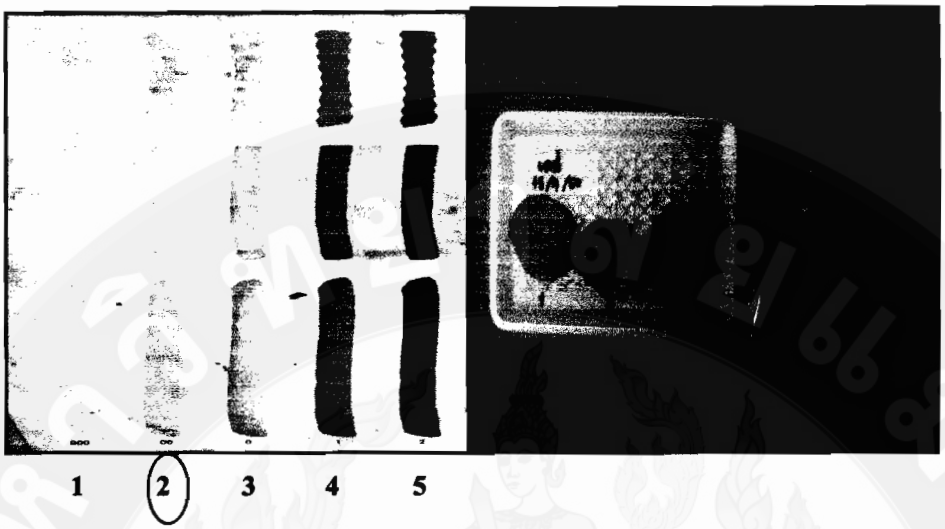
ภาคผนวก ข

ภาพการทดลอง

ภาพผนวก 3 หัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ก) และ 40 วัน (ข) ที่อุณหภูมิต่างๆ

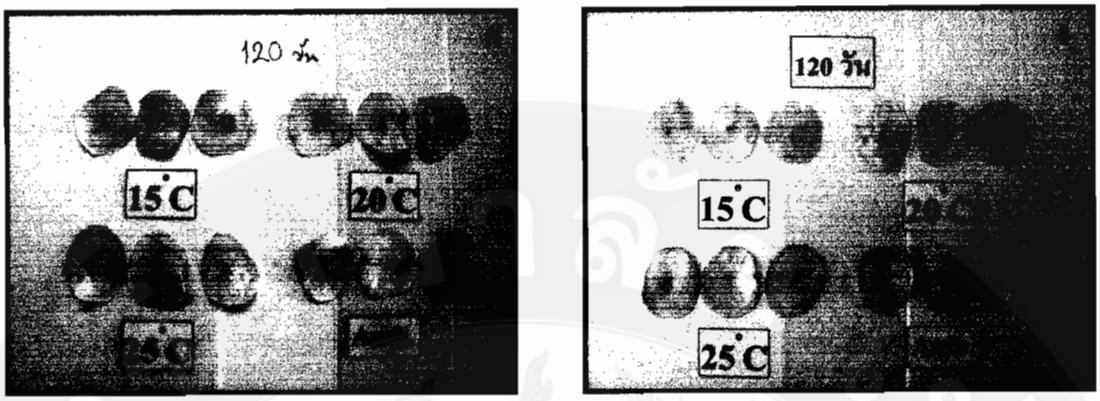
ภาพผนวก 4 หัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ค) และ 40 วัน (ง) ที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพผนวก 5 หัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (จ) และ 40 วัน (ฉ) ที่อุณหภูมิต่างๆ

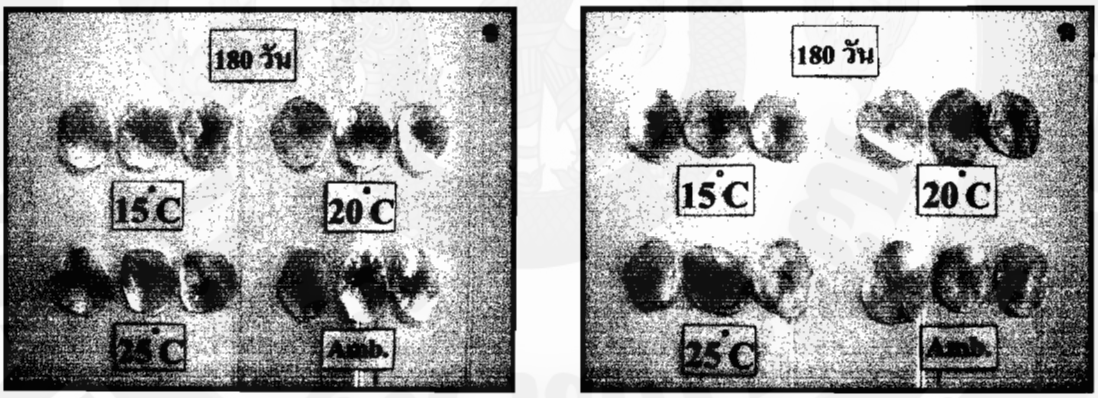


ภาพผนวก 6 การเปรียบเทียบคุณภาพสีมันฝรั่งทอดของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเลย์ (Lay) กับมาตรฐานของ USDA Color Standard for Frozen French Fried Potatoes ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 2 คะแนน (เหลืองอ่อน) เป็นคุณภาพสีหลังทอดที่ดี

ภาพผนวก 7 สีมันฝรั่งทอดของหัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ก) และ 40 วัน (ข) ที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพผนวก 8 สีมันฝรั่งทอดของหัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (ค) และ 40 วัน (ง) ที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพผนวก 9 สีมันฝรั่งทอดของหัวมันฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 วัน ทำการปรับสภาพ 10 วัน (จ) และ 40 วัน (ฉ) ที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายสุชาติ สุวี

เกิดเมื่อ 27 ธันวาคม 2526

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2544 มัธยมศึกษาตอนปลาย การศึกษานอกโรงเรียน จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2546 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2548 ปริญญาตรี สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่