ผลของเมทิลจัสโมเนต ภาวะการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า *Solanum tuberosum* L.

นางสาวพรรษพร พิพัฒนามงคล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF METHYL JASMONATE, STORAGE CONDITION AND PACKAGING MATERIAL ON INHIBITING OF SPUNTA POTATO TUBER *Solanum tuberosum* L. SPROUTING

Miss Pansaporn Pipatanamongkol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเมทิลจัสโมเนต ภาวะการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า *Solanum tuberosum* L.
โดย	นางสาวพรรษพร พิพัฒนามงคล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ซาลีดา บรมพิชัยชาติกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรรษพร พิพัฒนามงคล : ผลของเมทิลจัสโมเนต ภาวะการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า *Solanum tuberosum* L.. (EFFECT OF METHYL JASMONATE, STORAGE CONDITION AND PACKAGING MATERIAL ON INHIBITING OF SPUNTA POTATO TUBER *Solanum tuberosum* L. SPROUTING) **อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. วรรณา ตุลยธัญ,** 77 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนต อุณหภูมิการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของมันฝรั่งให้นานขึ้น โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรก ศึกษาวิธีและความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมทิลจัสโมเนตในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง โดยนำมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า มาจุ่ม (3 นาที) และรม (24 ชั่วโมง) ด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ บรรจุในกล่องกระดาษ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (33 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 60 วัน วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การงอกและการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ปริมาณแป้งและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง พบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ สามารถชะลอการงอกของมันฝรั่งได้ดีกว่าที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยวิธีการจุ่มจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนตและอุณหภูมิการเก็บรักษา เพื่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง โดยนำมันฝรั่งจุ่มในเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 10^{-4} M บรรจุในกล่องกระดาษ เก็บที่อุณหภูมิห้องและที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 ± 2 องศาเซลเซียส) จะช่วยยับยั้งการงอก ลดการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อของมันฝรั่งได้ แต่ปริมาณแป้งจะลดลงและมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งอยู่สูง ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นการศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนต และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง โดยบรรจุมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ ในกล่องกระดาษและถุง FRESHPAC™ ปิดผนึกด้วยความร้อน แล้วจึงบรรจุในกล่องกระดาษ เก็บที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่า การบรรจุมันฝรั่งในถุง FRESHPAC™ จะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อของมันฝรั่งได้ แต่ไม่สามารถควบคุมการงอกและการเพิ่มขึ้นของปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในกล่องกระดาษ

ภาควิชา ....เทคโนโลยีทางอาหาร.... ลายมือชื่อนิสิต.....พรรษพร พิพัฒนามงคล.....

สาขาวิชา ....เทคโนโลยีทางอาหาร.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา ....2549.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4772388123 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : POTATO/SPROUTING/METHYL JASMONATE/TEMPERATURE/PACKAGING

PANSAPORN PIPATANAMONGKOL : EFFECT OF METHYL JASMONATE, STORAGE CONDITION AND PACKAGING MATERIAL ON INHIBITING OF SPUNTA POTATO TUBER *Solanum tuberosum* L. SPROUTING. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. UBONRAT SIRIPATHRAWAN, Ph. D., THESIS COADVISOR : ASSOC.PROF. VANNA TULYATHAN, Ph. D., 77 pp.

This research was aimed to inhibit Spunta potato tuber (*Solanum tuberosum* L. cv.) sprouting using methyl jasmonate (MJ), storage temperature and packaging material extension. This research was divided into three parts. Firstly, the suitable method of MJ application (dipping and vaporizing) and concentration (10^{-4} and 10^{-5} molar) to inhibit potato sprouting was determined. Potato tubers were dipped (3 minutes) and vaporized (24 hours) in 10^{-4} and 10^{-5} molar MJ, then packaged into paper boxes and stored at room temperature (33 ± 3°C) for 60 days. Weight loss, firmness, total glycoalcaloid, starch content, reducing sugar content, and degree of sprouting were analyzed. The results showed that dipping potato tubers with 10^{-4} molar MJ treatment was the most effective treatment in inhibiting potato sprouting. Secondly, the effect of MJ treatment and storage temperature to inhibit potato sprouting was studied. Potato tubers were dipped in 10^{-4} molar MJ, packaged into paper boxes and stored at room temperature and low temperature (2 ± 2°C) for 60 days. Low temperature storage could inhibit sprouting, maintain firmness, reduce weight loss, total glycoalcaloid and starch content but increased reducing sugar content of the potatoes. In the final part, the effect of MJ treatment and packaging material (with and without FRESHPAC™) on potato sprouting was investigated. Potato tubers with and without dipping in 10^{-4} molar MJ, packaged into paper boxes and in FRESHPAC™ bags before placed into paper boxes and stored at low temperature (2 ± 2°C) for 60 days. The potatoes in FRESHPAC™ bag packaged into the box showed lower weight loss and higher firmness than other treatments, however, sprouting and total glycoalcaloid were higher when compared with those packaged into the paper box alone.

Department ....Food Technology.... Student's signature....Pansaporn Pipatanamongkol

Field of study ....Food Technology.... Advisor's signature....

Academic year ....2006..... Co-Advisor's signature....V. Tulyathan

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. วรรณา ตุลยธัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำ ตลอดระยะเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วยที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อ.ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล และ ผศ.ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ที่ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งกรุณาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มศึกษาเป็นต้นมา รวมทั้งบุคลากรทุกท่านที่กรุณาให้ข้อมูล ความรู้ คำแนะนำ ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ ดร. อนวัช สุวรรณกุล ผู้อำนวยการแผนกเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งบุคลากรทุกท่านที่สถาบันแห่งนี้ด้วยที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ

ขอขอบพระคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ซึ่งให้ความอนุเคราะห์บรรจุภัณฑ์ FRESHPAC™ มาใช้ในงานวิจัยนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ น้อง ปริญญาโท รวมทั้งเจ้าหน้าที่ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบุพการีที่คอยดูแล เอาใจใส่ เป็นกำลังใจมาโดยตลอด รวมทั้งให้การสนับสนุนด้านการเงิน และให้คำแนะนำด้านต่างๆเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์..... 3

2.1 มันฝรั่ง..... 3

2.2 สารไกลโคอัลคาลอยด์..... 5

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของมันฝรั่ง..... 7

2.4 การยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง..... 9

2.5 เมทิลจัสโมเนต..... 11

2.6 Cold sweetening..... 14

2.7 Modified Atmosphere Packaging (MAP)..... 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 20

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์..... 20

3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย..... 21

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ..... 21

3.2.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ..... 22

3.2.3 ศึกษาวิธีและความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมทิลจัสโมเนต ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า..... 22

3.2.4 ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนตและอุณหภูมิการเก็บรักษา ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า..... 23

3.2.5 ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนต และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า..... 24

หน้า

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 25

4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ..... 25

4.2 วิธีและความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมทิลจัสโมเนต ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า..... 25

4.3 ผลของเมทิลจัสโมเนตและอุณหภูมิการเก็บรักษา ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า..... 34

4.4 ผลของเมทิลจัสโมเนต และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า..... 41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 51

รายการอ้างอิง..... 54

ภาคผนวก..... 58

ภาคผนวก ก..... 59

ภาคผนวก ข..... 61

ภาคผนวก ค..... 66

ภาคผนวก ง..... 68

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ปริมาณการนำเข้า ส่งออก มันฝรั่งและผลิตภัณฑ์..... 5

2.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตในเซลล์มันฝรั่ง..... 16

4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า..... 25

ข.1 Factors ของสารละลาย Fehling reagent..... 64

ง.1 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน..... 68

ง.2 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน..... 68

ง.3 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน..... 69

ง.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน..... 69

ง.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน..... 70

ง.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน..... 70

ง.7 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 71

ตารางที่ **หน้า**

ง.8 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้องและที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 71

ง.9 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 72

ง.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 72

ง.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้องและที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 73

ง.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 73

ง.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง FRESHPAC™ ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 74

ง.14 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 74

ง.15 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 75

ตารางที่ **หน้า**

ง.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 75

ง.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 76

ง.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน... 76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ต้นมันฝรั่ง…… 4

2.2 สูตรโครงสร้างของ α-solanine……..……..…… 6

2.3 สูตรโครงสร้างของ α-chaconine……..…… 6

2.4 เครื่องฉายรังสีแบบ Pallet irradiator…… 10

2.5 สูตรโครงสร้างของคลอโพรแฟม…….. 11

2.6 สูตรโครงสร้างของเมทิลจัสโมเนต…… 12

2.7 กระบวนการสังเคราะห์ทางชีววิทยาของกรดจัสโมนิก…… 12

2.8 กระบวนการสะสมน้ำตาลในมันฝรั่ง…… 15

2.9 รูปแบบการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตในเซลล์มันฝรั่ง……... 15

4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน…… 26

4.2 ความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน……..… 28

4.3 การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน…… 29

4.4 เปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน……... 30

4.5 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน…… 31

4.6 ปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน…… 32

ภาพที่ **หน้า**

4.7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน..... 33

4.8 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้องและที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 35

4.9 ความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 36

4.10 การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 37

4.11 เปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 38

4.12 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60วัน..... 39

4.13 ปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 40

4.14 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 41

4.15 ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุง FRESHPAC™ ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 42

ภาพที่ **หน้า**

4.16 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง FRESHPAC™ ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 43

4.17 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 44

4.18 ความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 45

4.19 การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 46

4.20 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน... 48

4.21 ปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 49

4.22 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน..... 50

ก.1 เครื่อง Headspace Analyzer 6600..... 60

ข.1 กราฟมาตรฐานของ α-solanine..... 62

ค.1 บรรจุภัณฑ์ FRESHPAC™..... 67

บทที่ 1

บทนำ

มันฝรั่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลก มีปริมาณและมูลค่าของผลผลิตอยู่ในลำดับที่ 4 รองจากข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด สำหรับประเทศไทย มันฝรั่งถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง ให้ผลตอบแทนค่อนข้างสูง โดยทำรายได้ให้กับเกษตรกรในภาคเหนือเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีเนื้อที่ปลูกร้อยละ 88 ของพื้นที่ปลูกมันฝรั่งทั้งประเทศ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2539) ปัจจุบันความต้องการบริโภคมันฝรั่งภายในประเทศ ทั้งในการบริโภคสด และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารชนิดต่างๆมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการขยายตัวของของตลาดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแปรรูปเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (กรมวิชาการเกษตร, 2548) นอกจากนี้มันฝรั่งยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ เพราะนอกจากจะมีแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว ยังเป็นแหล่งของโปรตีน วิตามินซีและบีอีกด้วย (Tudela et al., 2002) แต่เนื่องจากการปลูกมันฝรั่ง จะปลูกได้เพียง 2-3 ครั้งต่อปี ในช่วงที่เก็บเกี่ยวจะมีผลิตผลออกมามาก ถ้าเก็บรักษาไม่เหมาะสม จะทำให้มันฝรั่งเกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว มีอายุการเก็บรักษาสั้น และมักเกิดการงอกขึ้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2539) ซึ่งนอกจากจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษได้จากสารไกลโคอัลคาลอยด์ หากมีปริมาณมากเกินไป โดยปกติ มันฝรั่งจะมีสารไกลโคอัลคาลอยด์ ซึ่งเป็นสารที่มีตามธรรมชาติในเนื้อเยื่อของพืชตระกูล Solanaceae อยู่แล้ว แต่ในมันฝรั่งที่มีการงอกจะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์เพิ่มสูงขึ้น โดยถ้ามีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อมันฝรั่งสด 100 กรัม จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้ (Sengul et al., 2004)

การยับยั้งการงอกของมันฝรั่งมีหลายวิธี เช่น การฉายด้วยรังสีแกมมา (วชิรา พริ้งศุลกะ, 2525) อย่างไรก็ตามพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังไม่ยอมรับอาหารที่ผ่านการฉายรังสีมากนัก ส่วนการใช้สารเคมี เช่น คลอโพรแฟม หากใช้ในระดับความเข้มข้นสูงก็อาจเป็นอันตรายได้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดนำสารประกอบจากธรรมชาติมาใช้แทน เช่น เมทิลจัสโมเนต เพื่อเป็นการลดการใช้สารเคมีลง เนื่องจากเมทิลจัสโมเนตเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulator) ของพืชที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราก และช่วยยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ (Wang, 1998) สำหรับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปรับบรรยากาศ (modified atmosphere) โดยอาศัยความสามารถในการยอมให้อากาศซึมผ่านของบรรจุภัณฑ์และอัตราการหายใจของผลิตผล ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงและคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพดีเมื่อเก็บที่

อุณหภูมิต่ำ การบรรจุในฟิล์มพลาสติกที่ปิดสนิทและอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่ำนั้น จะทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ป้องกันการสูญเสียน้ำ ช่วยชะลอการงอกของมันฝรั่ง ลดการสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544; Nourian et al., 2003) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนต อุณหภูมิการเก็บรักษา และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของมันฝรั่งให้นานขึ้น โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาวิธีและความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมทิลจัสโมเนต ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า
2. ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนตและอุณหภูมิการเก็บรักษา ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า
3. ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนต และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 มันฝรั่ง

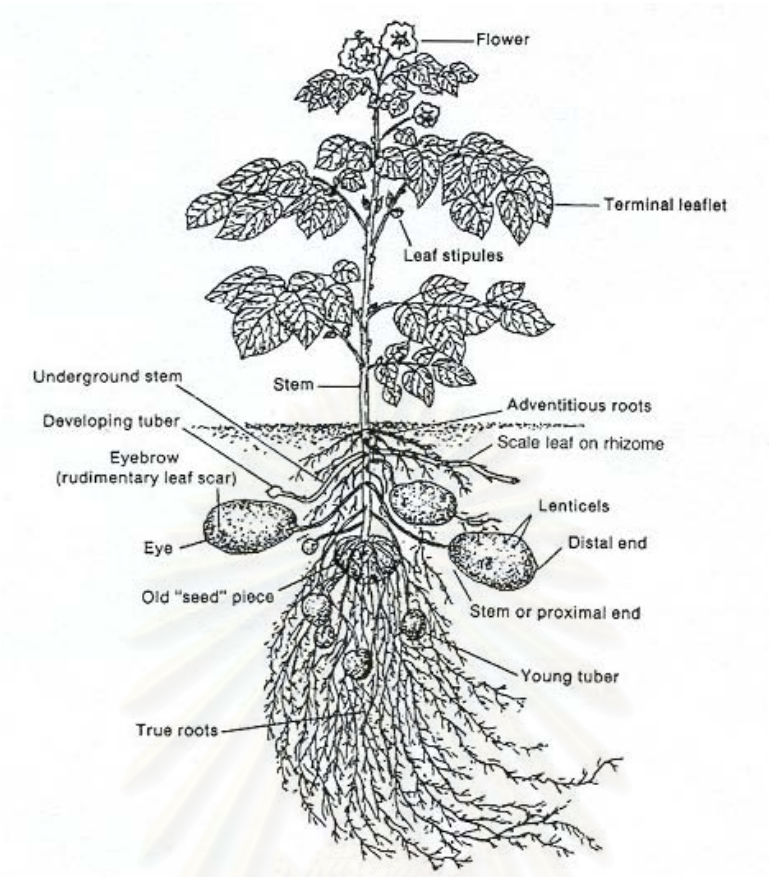
มันฝรั่ง มีชื่อสามัญว่า Potato หรือ Irish potato มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum tuberosum* L. เป็นพืชที่ชอบอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 15-20 องศาเซลเซียส จึงมีแหล่งเพาะปลูกอยู่ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

มันฝรั่ง เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีลำต้นอ่อน สูง 60-120 ซม. แตกกิ่งก้าน ลำต้นและกิ่งก้านมีขนปกคลุม ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก ดอกออกเป็นช่อกระจุก มีหลายสี เช่น ขาว, ม่วง, เทา หรือสีออกน้ำเงิน ผลเป็นผลสด สีเขียวอมเหลือง ทรงกลม หรือเกือบกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2-2.5 เซนติเมตร มีเมล็ดจำนวนมาก โดยปกติลำต้นจะมีราก 2-4 รากที่แตกจากโคนต้น แล้วจึงแตกรากแขนงออกไปอีกหลายแขนง และที่ปลายรากแขนงจะมีการสะสมอาหารที่เรียกว่า หัวมันฝรั่ง โดยแต่ละต้นจะให้หัว 8-10 หัวโดยเฉลี่ย (Salunkhe and Kadam, 1998) ดังภาพที่ 2.1

มันฝรั่งที่เกษตรกรเพาะปลูกแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้คือ

2.1.1 มันฝรั่งสำหรับบริโภคสด ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร ส่วนใหญ่เป็นการนำไปใช้ประกอบอาหารในโรงแรมที่มีนักท่องเที่ยวเป็นชาวต่างประเทศ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2539) พันธุ์ที่นิยมปลูก คือ พันธุ์สปุนต้า (Spunta) จะให้ผลผลิตค่อนข้างสูง เนื้อมีสีเหลือง มีน้ำและน้ำตาลในเนื้อมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้แปรรูปเป็นมันแผ่น

2.1.2 มันฝรั่งสำหรับป้อนเข้าโรงงานแปรรูป ทั้งในรูปมันฝรั่งทอดแบบแผ่น (potato chips) และมันฝรั่งทอดแบบแท่ง (french fries) พันธุ์ที่นิยมปลูก คือ พันธุ์เคนเนเบค (Kennebec) และพันธุ์แอตแลนติก (Atlantic) เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลและน้ำต่ำกว่าพันธุ์สปุนต้า เนื้อมีสีขาว (วรัญญา โชติช่วง, 2540)



ภาพที่ 2.1 ต้นมันฝรั่ง

ที่มา : Salunkhe and Kadam, 1998

ปัจจุบันประเทศไทยผลิตมันฝรั่งได้มาก การปลูกมันฝรั่ง จะปลูกได้ 2-3 ครั้งต่อปี ทั้งบนพื้นที่ราบและบนดอยในแถบจังหวัดภาคเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ เกษตรกรจะเริ่มปลูกมันฝรั่งครั้งแรกในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม โดยสั่งพันธุ์มาจากต่างประเทศ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม การปลูกครั้งที่สองและสามต้องปลูกบนดอย เนื่องจากมีอากาศเย็นเป็นเวลานาน โดยเริ่มปลูกประมาณเดือนพฤษภาคม โดยใช้พันธุ์จากการปลูกครั้งแรกเก็บเกี่ยวได้ในเดือนสิงหาคม การปลูกครั้งที่สาม เริ่มปลูกประมาณเดือนกุมภาพันธ์ โดยใช้พันธุ์จากการปลูกครั้งที่สอง เก็บเกี่ยวได้ในเดือนพฤษภาคม แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ถ้าปริมาณน้ำน้อย การปลูกครั้งที่สาม อาจให้ผลผลิตน้อยมาก การขาดแคลนมันฝรั่งจะเกิดขึ้นในระยะเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ทำให้ต้องสั่งหัวพันธุ์ (Potato seed) และมันฝรั่งจากต่างประเทศเข้ามาเพื่อใช้บริโภคในประเทศ เป็นสาเหตุให้ราคามันฝรั่งสูงขึ้น (วชิรา พริ้งศุลกะ, 2525) จากข้อมูลปริมาณการนำเข้า ส่งออก มันฝรั่งและผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 2.1) พบว่า การนำเข้ามันฝรั่งและผลิตภัณฑ์มีปริมาณและมูลค่ามากกว่าการส่งออกค่อนข้างมาก

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการนำเข้า ส่งออก มันฝรั่งและผลิตภัณฑ์

ชนิด	2542		2543		2544	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
การนำเข้า						
หัวพันธุ์	7,916	177.64	9,774	277.75	5,025	123.23
มันสดและผลิตภัณฑ์	27,484	671.89	38,623	1,117.86	38,254	1,129.41
รวม	35,400	849.53	48,397	1,345.61	43,279	1,252.64
การส่งออก						
มันสดและผลิตภัณฑ์	473	29.46	1,508	76.67	765.98	68.61

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545

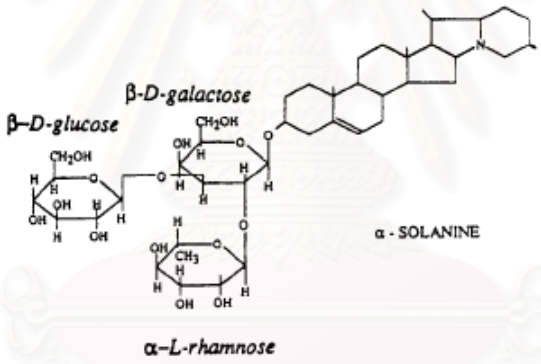
http://www.doa.go.th/data-agri/POTATO/1stat/st02.html

ปัญหาอีกประการหนึ่งก็คือ ในช่วงที่เก็บเกี่ยวจะมีผลิตผลออกมามาก ประกอบกับมันฝรั่งเป็นพืชที่สูญเสียน้ำหนักและเน่าเสียง่าย ถ้าไม่มีวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสม จะทำให้มันฝรั่งเกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว มีอายุการเก็บรักษาสั้น และมันฝรั่งส่วนที่เหลือก็จะเกิดการงอกขึ้น ทำให้คุณภาพลดลง (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2539) ซึ่งนอกจากจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษได้จากสารไกลโคอัลคาลอยด์ (glycoalkaloid) หากมีปริมาณมากเกินไป (Sengul et al., 2004)

2.2 **สารไกลโคอัลคาลอยด์**

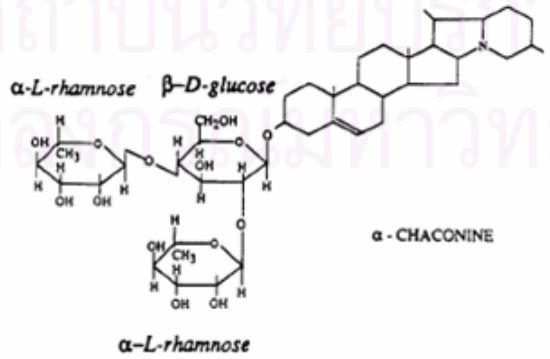
สารไกลโคอัลคาลอยด์ เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบตามธรรมชาติในเนื้อเยื่อของพืชตระกูล Solanaceae เช่น มันฝรั่ง มะเขือเทศ เป็นต้น (Sengul et al., 2004) โดยทุกส่วนของมันฝรั่งที่ยังไม่โตเต็มที่ รวมทั้งยอดอ่อนที่แตกจากหัวมันฝรั่งใหม่ๆ จะมีปริมาณสารไกลโคอัลคาลอยด์อยู่มาก แต่จะไม่พบสารดังกล่าวเมื่อโตเต็มที่แล้ว (วชิรา พริ้งศุลกะ, 2525) อย่างไรก็ตาม ถ้ามันฝรั่งอยู่ในสภาพเครียด หรือมันฝรั่งที่เกิดการงอก จะทำให้ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์เพิ่มสูงขึ้น

โดยถ้ามีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อมันฝรั่งสด 100 กรัม จะก่อให้เกิดความเป็นพิษและเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้ โดยจะมีผลต่อมนุษย์รุนแรงกว่าสัตว์ การบริโภคสารไกลโคอัลคาลอยด์มากเกินไป อาจทำให้เสียชีวิตได้ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อกลิ่นรสของมันฝรั่งด้วย โดยถ้ามีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อมันฝรั่งสด 100 กรัม จะทำให้เกิดรสขมขึ้นได้ ความร้อนจากกระบวนการแปรรูป หรือจากการประกอบอาหาร เช่น การต้ม การอบ และการทอด ไม่สามารถทำลายสารไกลโคอัลคาลอยด์นี้ได้ (Haddadin et al., 2001) ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดที่พบในมันฝรั่ง ประกอบด้วย α-solanine และ α-chaconine มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะพบมากในส่วนของตา รากงอก และเปลือก (Sengul et al., 2004) สูตรโครงสร้างของ α-solanine และ α-chaconine แสดงดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ คือ จะมีส่วนของ lipopholic ที่ไม่มีขั้ว ซึ่งเป็น heterocyclic rings ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเชื่อมต่อกับส่วนของ trisaccharide ที่มีสมบัติความเป็น hydrophylic ซึ่งเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ α-solanine และ α-chaconine ยังมี solanidine ซึ่งเป็น aglycone เหมือนกัน แต่สารคาร์โบไฮเดรต (trisaccharide) ที่เป็นองค์ประกอบจะแตกต่างกัน (Smith et al., 1996)



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของ α-solanine

ที่มา : Friedman and Dao, 1992



ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของ α- chaconine

ที่มา : Friedman and Dao, 1992

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของมันฝรั่ง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการงอก มักใช้ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดในมันฝรั่งเป็นดัชนีบ่งบอกถึงการงอกของมันฝรั่ง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ได้แก่

2.3.1 ปัจจัยภายใน : ผลิตผล (มันฝรั่ง)

2.3.1.1 พันธุ์ : พันธุ์ที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้มีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดแตกต่างกัน (Haddadin et al., 2001; Sengul et al., 2004)

2.3.1.2 ความบริบูรณ์ (maturity) : มันฝรั่งที่ยังไม่โตเต็มที่ จะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดอยู่มาก แต่เมื่อโตเต็มที่แล้ว (maturity) จะไม่พบสารนี้ (วชิรา พริ้งศุลกะ, 2525; Sengul et al., 2004)

2.3.1.3 บาดแผลจากการเก็บเกี่ยว : เป็นช่องทางที่ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค และทำให้สูญเสียน้ำ ซึ่งทำให้มันฝรั่งอยู่ในสภาพเครียด (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) และไปกระตุ้นการสังเคราะห์สารไกลโคอัลคาลอยด์ให้มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (Sengul et al., 2004)

Sengul et al. (2004) ศึกษาผลของความบริบูรณ์และบาดแผลจากการเก็บเกี่ยวที่มีต่อปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่ง โดยทำการแบ่งมันฝรั่งเป็น 3 ชนิด คือ Normal (มันฝรั่งปกติที่โตเต็มที่), Wounded (มันฝรั่งที่มีบาดแผล) และ Green (มันฝรั่งที่ยังไม่โตเต็มที่) เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า มันฝรั่งชนิด Green มีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดอยู่สูงที่สุด ซึ่งแสดงถึง การงอกของมันฝรั่งมีมากที่สุด รองลงมาคือ มันฝรั่งชนิด Wounded ส่วนมันฝรั่งชนิด Normal จะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดต่ำที่สุด

2.3.2 ปัจจัยภายนอก : ภาวะการเก็บรักษา

2.3.2.1 แสง : จะไปกระตุ้นให้มันฝรั่งสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ทำให้มีสีเขียว (Greening) เกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังไปกระตุ้นการสร้างสารไกลโคอัลคาลอยด์ขึ้นที่บริเวณผิวของมันฝรั่งอีกด้วย (Haddadin et al., 2001; Sengul et al., 2004)

Haddadin et al. (2001) ศึกษาผลของแสงต่อปริมาณ solanine (เป็นส่วนประกอบหลักของสารไกลโคอัลคาลอยด์) ของมันฝรั่ง 2 พันธุ์ คือ Sponta และ Draga โดยมีภาวะการเก็บรักษา 3 ภาวะ คือ direct sunlight (วางมันฝรั่งบนถาดไม้แล้วนำไปตากแดด), indirect sunlight (วางมันฝรั่งบนถาดไม้ที่มีผ้าปิดแล้วนำไปตากแดด) และ dark (เก็บในภาชนะปิดสนิทแล้ววางในที่มืด) เก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า พันธุ์ของมันฝรั่งที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้ค่าของปริมาณ solanine แตกต่างกัน แต่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณ solanine ของแต่ละภาวะการเก็บ

รักษาจะไปในทิศทางเดียวกัน โดยมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่ภาวะ direct sunlight จะมีปริมาณ solanine สูงที่สุด รองลงมาคือ ที่ภาวะ indirect sunlight ส่วนมันฝรั่งที่เก็บในที่มืด (dark) จะมีปริมาณ solanine ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงควรเก็บรักษามันฝรั่งในที่มืด หลีกเลี่ยงการถูกแสง เพื่อเป็นการช่วยป้องกันการงอกของมันฝรั่ง และช่วยยืดอายุการเก็บรักษา

2.3.2.2 **อุณหภูมิ** : การเก็บที่อุณหภูมิต่ำ จะช่วยชะลออัตราการเสื่อมคุณภาพของผลิตผลหลังเก็บเกี่ยว ชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ การผลิตเอทิลีน ลดอัตราการสูญเสียน้ำ ลดกระบวนการเมทาบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง (ดนัย และ นิธิยา, 2548) นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการงอกของหน่อพืชตระกูลหัว เช่น มันฝรั่ง (Rosenfeld et al., 1995; Sonnewald, 2001; Sengul et al., 2004)

Sengul et al. (2004) ศึกษาผลของแสงและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่ง โดยมีภาวะการเก็บรักษา 4 ภาวะ คือ ที่อุณหภูมิ 10-19 องศาเซลเซียส และที่ 5-8 องศาเซลเซียส ในภาวะที่มีแสงและในที่มืด เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า มันฝรั่งที่เก็บรักษาในที่ที่มีแสงจะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดสูงกว่ามันฝรั่งที่เก็บรักษาในที่มืด สำหรับการเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ (5-8 องศาเซลเซียส) จะส่งผลให้มันฝรั่งมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดต่ำกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูง (10-19 องศาเซลเซียส)

Machado et al. (2007) ศึกษาผลของแสงและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเกิดไกลโคอัลคาลอยด์ในมันฝรั่ง โดยมีภาวะการเก็บรักษา 4 ภาวะ คือ เก็บภายใต้แสงธรรมดา (indirect sunlight) อุณหภูมิ 23-29 องศาเซลเซียส, เก็บภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์อุณหภูมิ 24-30 องศาเซลเซียส, เก็บในที่มืดอุณหภูมิ 7-8 องศาเซลเซียส และ 19-26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่า มันฝรั่งที่เก็บภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์จะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดสูงกว่ามันฝรั่งที่เก็บรักษาภายใต้แสงธรรมดา และที่เก็บในที่มืด ตามลำดับ ส่วนมันฝรั่งที่เก็บในที่มืดอุณหภูมิต่ำ (7-8 องศาเซลเซียส) จะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดต่ำกว่ามันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิสูง (19-26 องศาเซลเซียส)

2.3.2.3 **บรรจุภัณฑ์** : การเก็บในสภาพปรับบรรยากาศ จะทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ลดกระบวนการเมทาบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ป้องกันการสูญเสียน้ำ ลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการสังเคราะห์อัลคาลอยด์ และยับยั้งไม่ให้มันฝรั่งงอกเป็นหน่อใหม่ในระหว่างการเก็บรักษาได้อีกด้วย (Sengul et al., 2004) แต่ทั้งนี้จะต้องเก็บที่อุณหภูมิและความชื้นเหมาะสม

Gosselin and Mondy (1989) ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ ถุงตาข่าย, ถุงกระดาษ และถุงโพลีเอทิลีน ต่อปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่ง 2 พันธุ์ คือ Russet Burbank และ Chieftain โดยเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส ในที่มืด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า พันธุ์ที่แตกต่างกัน มีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลของบรรจุภัณฑ์ พบว่า มันฝรั่งที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนจะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะภายในถุงโพลีเอทิลีนมีปริมาณความชื้นสูง เนื่องจากโพลีเอทิลีนมีสมบัติกันความชื้นได้ดี มีผลทำให้เกิดการงอกขึ้น ส่วนมันฝรั่งที่เก็บในถุงตาข่ายและถุงกระดาษ มีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากมีอัตราการซึมผ่านของความชื้นและก๊าซดีกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อศึกษาถึงการสูญเสียน้ำหนัก จะพบว่า มันฝรั่งที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนมีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด

Rosenfeld et al. (1995) ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิต่อปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ของมันฝรั่ง โดยเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส และ 23 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า มันฝรั่งที่เก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส) จะมีปริมาณ solanine ต่ำกว่ามันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิสูง (23 องศาเซลเซียส) สำหรับผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ พบว่า มันฝรั่งที่บรรจุในถุงกระดาษที่เคลือบด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีนสีดำจะมีปริมาณ solanine ต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะมีความสามารถในการยอมให้แสงผ่านต่ำที่สุด ส่วนมันฝรั่งที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนสีฟ้า พบว่า มีปริมาณ solanine สูงที่สุด ทั้งๆที่มีความสามารถในการยอมให้แสงผ่านต่ำกว่าถุงตาข่าย เนื่องจากพบว่าการสังเคราะห์ solanine จะมีค่ามากที่สุด ในช่วงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับคลื่นแสงสีฟ้า สำหรับมันฝรั่งที่บรรจุในถุงตาข่ายที่มีการยอมให้แสงผ่านสูงที่สุด แต่มีปริมาณ solanine ต่ำกว่านั้น อาจเป็นเพราะถุงตาข่ายมีการถ่ายเทอากาศได้ดี

2.4 การยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง

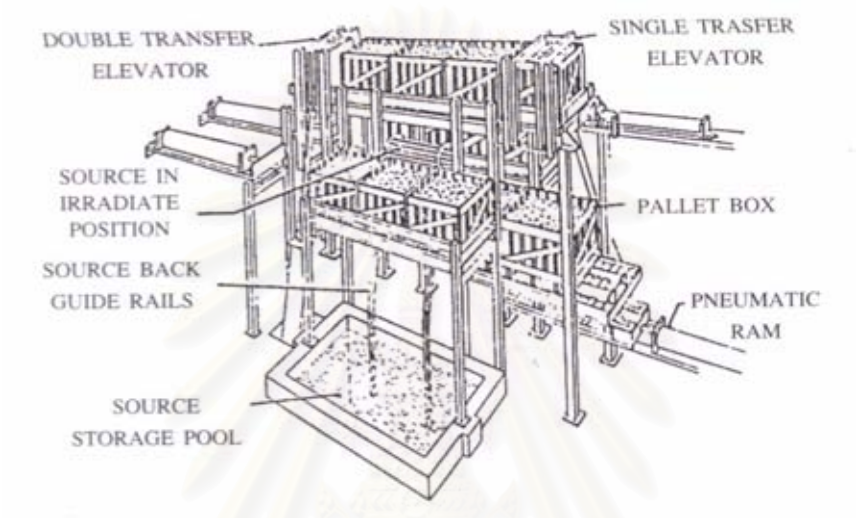
การยับยั้งการงอกของมันฝรั่งที่ใช้ในทางการค้า มี 2 วิธี คือ

2.4.1 การฉายด้วยรังสีแกมมา

การใช้รังสี เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ได้ผลดีในการควบคุมการงอกของมันฝรั่ง และยอมรับกันในหลายประเทศที่ทำในระดับการค้า โดยระดับของรังสีที่ใช้ควบคุมการงอก ซึ่งได้รับอนุญาตโดย Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme (2005) ต้องอยู่ในระดับต่ำกว่า 1 kGy (หมายถึง ปริมาณรังสีที่ฉายให้กับวัตถุหนึ่งให้ได้รับพลังงานเป็นปริมาณ 1 joule / น้ำหนักวัตถุ 1 กิโลกรัม) เครื่องฉายรังสีที่ใช้มักเป็นแบบ Pallet irradiator (ภาพ

ที่ 2.4) โดยจะบรรจุมันฝรั่งลงในภาชนะบรรจุที่เป็นลวดตาข่ายขนาดใหญ่ ส่งเข้าบริเวณฉายรังสีโดยระบบสายพาน

อย่างไรก็ตาม ปัญหาของการใช้รังสีแกมมา คือ ค่าใช้จ่าย อุปกรณ์ต่างๆในด้านเทคนิคค่อนข้างสูง และพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังไม่ยอมรับอาหารที่ผ่านการฉายรังสีมากนัก (สายสนม ประดิษฐดวง, 2546)

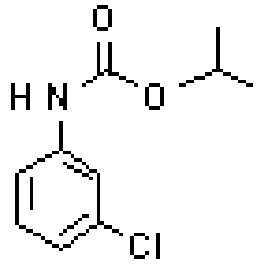


ภาพที่ 2.4 เครื่องฉายรังสีแบบ Pallet irradiator
ที่มา : สายสนม ประดิษฐดวง, 2546

2.4.2 การใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ควบคุมการงอกของมันฝรั่ง ในทางการค้ามักนิยมใช้คลอโพรแฟม (Chlorpropham; CIPC; Isopropyl-N (3-chlorophenyl) carbamate) ซึ่งมีสูตรโครงสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 2.5 คลอโพรแฟมที่ใช้มักอยู่ในรูปของของเหลว โดยใช้วิธีพ่นเป็นละออง (aerosol) หรือแช่ก็ได้

คลอโพรแฟมมีกลไกในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง คือ ไปขัดขวางการแบ่งเซลล์ ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างเนื้อเยื่อ periderm ในการสมานแผลของมันฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากในการสมานแผลจำเป็นต้องใช้เซลล์ใหม่ 2-5 เซลล์ด้วยกัน (Kleinkopf et al., 2003)



ภาพที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของคลอโพรแฟม
ที่มา : Lentza-Rizos and Balokas, 2001

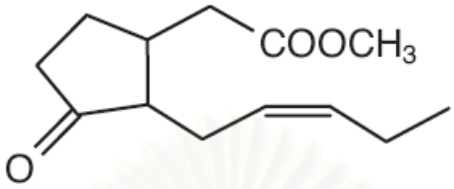
ในด้านของกฎหมายมาตรฐานปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits; MRLs) ของคลอโพรแฟม ซึ่งกำหนดโดย Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme นั้น แต่ยังไม่มีการออกเป็นกฎหมายมาตรฐานที่ชัดเจน โดยกำหนดให้มีปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของคลอโพรแฟมในมันฝรั่ง ต้องไม่เกิน 30 mg/kg (ppm) สำหรับประเทศไทย ในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9002-2547) เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด ซึ่งกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์นั้น ก็ยังไม่มีการออกเป็นมาตรฐานที่ชัดเจนเช่นเดียวกัน

อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีในการควบคุมการงอกของมันฝรั่ง ถ้าใช้ในระดับความเข้มข้นสูงก็อาจเป็นอันตรายได้ ดังนั้นจึงมีการศึกษานำสารประกอบจากธรรมชาติมาใช้แทน เช่น เมทิลจัสโมเนต (Methyl jasmonate) เพื่อเป็นการลดการใช้สารเคมีลง

2.5 เมทิลจัสโมเนต

เมทิลจัสโมเนตเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulator) ของพืชที่ได้จากธรรมชาติ มีสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืชในการยับยั้งการเจริญเติบโต ช่วยยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของราก ยับยั้งการแตกหน่อ โดยจะไปกระตุ้นปฏิกิริยาการสร้างเอนไซม์สำหรับหยุดยั้งการสังเคราะห์โปรตีนและกรดนิวคลิอิก ซึ่งจำเป็นต่อการงอกของมันฝรั่ง และเอนไซม์สำหรับสร้างสารยับยั้งอัลคาลอยด์ (Plata et al., 2003) นอกจากนั้น ยังไปกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนที่ไปหยุดยั้งการทำงานของไรโบโซม เหนี่ยวนำให้เกิด vegetative storage protein เช่น osmotin, thionin (antifungal) และ defensin และเหนี่ยวนำให้สร้าง proteinase inhibitor ซึ่งมีผลในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และแมลงได้อีกด้วย (Walters et al., 2002; Tiryaki, 2004)

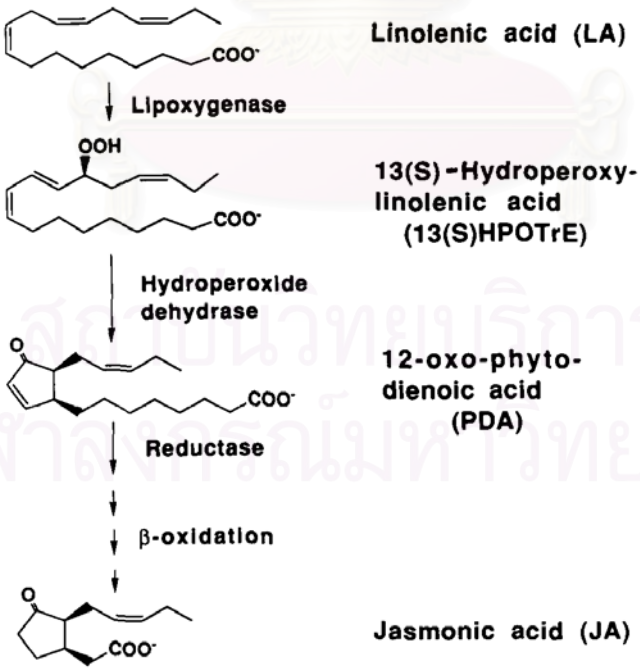
เมทิลจัสโมเนต เป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดจัสโมนิก (Jasmonic acid; 3-oxo-2-[2'-*cis*-pentyl]-cyclopentane-1-acetate) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ cyclopentanone (Walters et al., 2002) โดยมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2.6 มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{13}H_{20}O_3$ และมีมวลโมเลกุล เท่ากับ 224.30



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของเมทิลจัสโมเนต

ที่มา : Lyon, 2005

เมทิลจัสโมเนตสามารถสกัดได้จากพืชตระกูล *Jasminum grandiflorum* โดยสังเคราะห์จากกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีคาร์บอน 18 ตัว (C18 poly-unsaturated fatty acid) ผ่านวิถีทางออกตาดิคาโนอิก (octadecanoic pathway) ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ กรดจัสโมนิก (jasmonic acid) โดยมี 12-oxo-phytodienoic acid (PDA) เป็น precursor (ภาพที่ 2.7) (Klessig et al., 1998)



ภาพที่ 2.7 กระบวนการสังเคราะห์ทางชีววิทยาของกรดจัสโมนิก

ที่มา : Farmer and Ryan, 1992

การใช้เมทิลจัสโมเนตเพื่อยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของราก จะใช้ในปริมาณเล็กน้อยในระดับ ppm โดยอาจใช้วิธีการจุ่มหรือรมควันก็ได้ (Wang, 1998)

Lulai et al. (1995) พบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 0.001-0.01 มิลลิโมลาร์ โดยวิธีการจุ่ม สามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง โดยให้ผลใกล้เคียงกับการใช้คลอโพรแฟม (47 มิลลิโมลาร์) จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของเมทิลจัสโมเนตที่ใช้มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของคลอโพรแฟม ดังนั้น การนำเมทิลจัสโมเนตมาใช้เพื่อยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการลดการใช้สารเคมีลงได้

Wang (1998) ศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนตในการยับยั้งการงอกและช่วยรักษาคุณภาพของแรดิช (*Raphanus sativus* L., cv. Cherry Belle) โดยจุ่มแรดิชลงในเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 10^{-5}, 10^{-4},10^{-3}, $2x10^{-3}$ โมลาร์ เป็นเวลา 3 นาที เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้เมทิลจัสเนต และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ความยาวของใบใหม่ที่งอกออกมาเท่ากับ 22, 7, 3 และ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ และความยาวของรากที่งอกเท่ากับ 5, 3, 2 และ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ การใช้เมทิลจัสโมเนตยังช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดมาลิก กรดซิตริก และ กรดซักซินิก และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ ฟรุคโตส กลูโคส และซูโครส น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนการรมแรดิชด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ก็ให้ผลเช่นเดียวกันแต่จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีการจุ่ม

Cantwell et al. (2003) ศึกษาการใช้ความร้อนในการควบคุมการงอกของต้นกระเทียม โดยจุ่มต้นกระเทียมในน้ำร้อนอุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5-60 นาที เปรียบเทียบกับการใช้เมทิลจัสโมเนตที่มีความเข้มข้น 10^{-5}-10^{-3} โมลาร์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า การใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส ไม่สามารถควบคุมการงอกของต้นกระเทียมได้ ขณะที่การจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 นาที จะให้ผลดีและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีและความแน่นเนื้อจนสังเกตได้ ส่วนการใช้เมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-3} และ 10^{-4} โมลาร์ ไม่สามารถควบคุมการงอกของต้นกระเทียมแต่จะช่วยลดการเจริญของรากได้

Gonzalez-Aguilar et al. (2003) ศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนตร่วมกับเทคนิคการปรับสภาพบรรยากาศในภาชนะบรรจุ (modified atmosphere packaging, MAP) เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษามะละกอ พบว่า การรมมะละกอด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 10^{-5} และ 10^{-4} โมลาร์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน สามารถ

ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ลดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ลดการสูญเสียความแน่นเนื้อ และช่วยยับยั้งการเกิดสีเหลืองของมะละกอ โดยไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ

2.6 Cold sweetening

การเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ สามารถช่วยยับยั้งการงอกได้ดี แต่จะทำให้เกิดการสะสมของน้ำตาลในเซลล์มันฝรั่ง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการนำมันฝรั่งไปแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น มันฝรั่งทอด และ เฟรนช์ฟรายด์ เป็นต้น โดยจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) ระหว่างกลุ่มคาร์บอนิลอิสระ (free carbonyl group) ของน้ำตาลรีดิวซิ่ง และ กลุ่มแอลฟาอะมิโนอิสระ (free α-amino group) ของกรดอะมิโนและโปรตีน เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีดำคล้ำและมีรสชาติขม ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Finlay et al., 2003; Menendez et al., 2002)

การที่มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เกิดการสลายตัวของแป้งไปเป็นน้ำตาลซูโครส ซึ่งจะเปลี่ยนต่อไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส ตามลำดับนั้น เรียกว่า Cold sweetening หรือ Low-temperature sweetening (LTS) (Assmus, 2005)

ในระหว่างการเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ แป้งจะเกิดการสลายตัวจากทั้งกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และฟอสโฟโรไลติก (phosphorolytic) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกส่งออกจาก amyloplast ไปยัง cytosol ทั้ง hexose phosphase (hexose-P) ผ่านตัวส่งผ่าน คือ glucose-6-phosphate และน้ำตาลอิสระ ผ่านตัวส่งผ่าน คือ กลูโคส จากนั้นใน cytosol จะเกิดการเผาผลาญต่อจนได้เป็นซูโครส โดยเอนไซม์ sucrose phosphate synthase (SPS) จะถูกไฮโดรไลซ์ต่อไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตส โดยเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) ตามลำดับ (Malone et al., 2006)

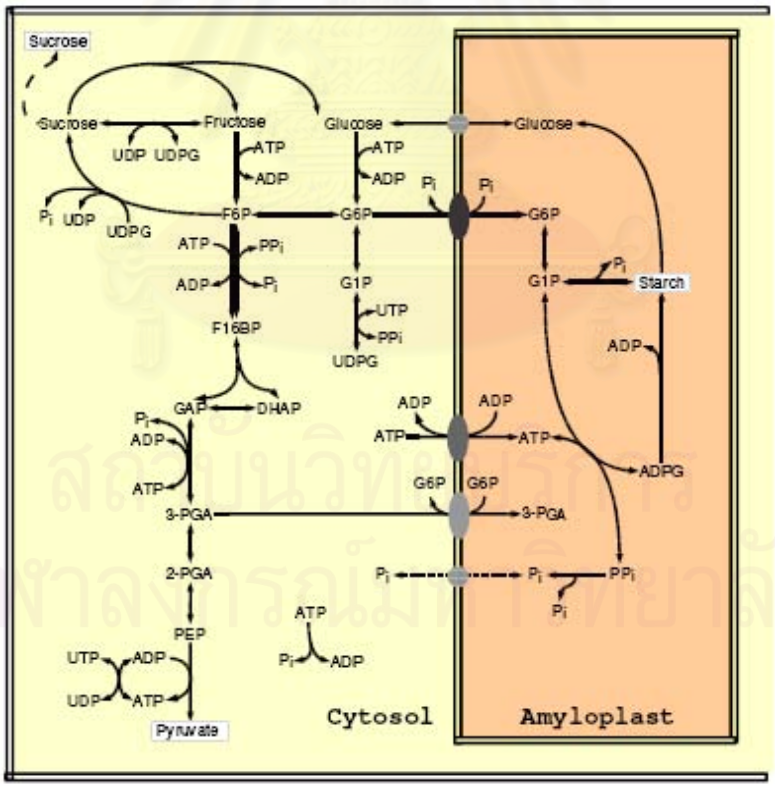
การสะสมของน้ำตาลในมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เกิดจากความไม่สมดุลย์ระหว่างอัตราการสลายตัวของแป้งและอัตราการเกิดไกลโคไลซิส (glycolysis) ดังภาพที่ 2.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.8 กระบวนการสะสมน้ำตาลในมันฝรั่ง

ที่มา : Assmus, 2005

รูปแบบการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตในเซลล์มันฝรั่ง มีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 29 ปฏิกิริยา, 24 เอนไซม์ และ 5 ขั้นตอนการส่งผ่าน ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2.9 และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.9 รูปแบบการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตในเซลล์มันฝรั่ง

ที่มา : Assmus, 2005

ตารางที่ 2.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตในเซลล์มันฝรั่ง

No.	Stoichiometry	Reaction or Enzyme
	amyloplast	
E_1	$(Glucan)_n \longleftrightarrow (Glucan)_{n-1} + Glucose$	α- and β-amylase, glucosidase and disproportioning enzyme
E_2	$(Glucan)_n + P_i \longleftrightarrow (Glucan)_{n-1} + G1P$	starch phosphorylase
E_3	$G6P \longleftrightarrow G1P$	phosphoglucomutase
E_4	$G1P + ATP \longleftrightarrow ADPG + PP_i$	ADP-glucose pyrophosphorylase
E_5	$(Glucan)_n + ADPG \rightarrow (Glucan)_{n+1} + ADP$	starch synthase
E_6	$PP_i \longrightarrow 2\ P_i$	pyrophosphatase
	transports: amyloplast ‖ cytosol	
T_1	$Glucose_{am} \longleftrightarrow Glucose_{cyt}$	hexose transport
T_2	$G6P_{am} + P_{icyt} \leftrightarrow G6P_{cyt} + P_{iam}$	G6P/phosphate translocation
T_3	$3\text{-}PGA_{cyt} + G6P_{am} \leftrightarrow 3\text{-}PGA_{am} + G6P_{cyt}$	triose phosphate/G6P translocation
T_4	$ADP_{am} + ATP_{cyt} \longleftrightarrow ADP_{cyt} + ATP_{am}$	adenylate translocation
T_5	$P_{iam} \longleftrightarrow P_{icyt}$	phosphate exchange
	cytosol	
E_7	$G6P \longleftrightarrow G1P$	phosphoglucomutase
E_8	$G1P + UTP \longleftrightarrow UDPG + PP_i$	UDP-glucose pyrophosphorylase
E_9	$G6P \longleftrightarrow F6P$	phosphoglucoisomerase
E_{10}	$F6P + UDPG \longrightarrow Sucrose + UDP + P_i$	sucrose phosphate synthase and sucrose phosphatase merged
E_{11}	$Fructose + UDPG \longleftrightarrow Sucrose + UDP$	sucrose synthase
E_{12}	$Sucrose \longrightarrow Glucose + Fructose$	invertase
E_{13}	$Glucose + ATP \longrightarrow G6P + ADP$	glucokinase
E_{14}	$Fructose + ATP \longrightarrow F6P + ADP$	fructokinase
E_{15}	$F6P + ATP \longrightarrow F16BP + ADP$	ATP-dependent phosphofructokinase
E_{16}	$F6P + PP_i \longleftrightarrow F16BP + P_i$	PP_i-dependent phosphofructokinase
E_{17}	$F16BP \longleftrightarrow GAP + DHAP$	aldolase
E_{18}	$DHAP \longleftrightarrow GAP$	triosephosphate isomerase
E_{19}	$GAP + ADP + P_i \longleftrightarrow 3\text{-}PGA + ATP$	GAP dehydrogenase and phosphoglycerate kinase merged
E_{20}	$3\text{-}PGA \longleftrightarrow 2\text{-}PGA$	phosphoglycerate mutase
E_{21}	$2\text{-}PGA \longleftrightarrow PEP$	enolase
E_{22}	$PEP + ADP \longrightarrow Pyruvate + ATP$	pyruvate kinase
E_{23}	$ATP + UDP \longleftrightarrow ADP + UTP$	nucleoside diphosphokinase
E_{24}	$ATP \longrightarrow ADP + P_i$	ATP utilisation
	transport: cell exterior ‖ cytosol	
T_0	extracellular Sucrose $\longrightarrow$ Sucrose	sucrose supply from phloem

E - enzymatic reactions; T - transports
$\longrightarrow$ - irreversible reaction; $\longleftrightarrow$ - reversible reaction

ที่มา : Assmus, 2005

Wong and Govinden (2003) ศึกษาคุณภาพของมันฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-4 และ 8-10 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 สัปดาห์ พบว่า ที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมการงอกและการสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งได้ แต่จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งอยู่สูง ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อนำไปผลิตเป็นมันฝรั่งทอดได้ ส่วนมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บรักษาเพียง 12 สัปดาห์เท่านั้น

Nourian et al. (2003) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมันฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 8, 12, 16 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 19 สัปดาห์ พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะช่วยยับยั้งการงอกของมันฝรั่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาได้ และสามารถควบคุมความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงสี และลดอัตราการหายใจของมันฝรั่งได้ แต่จะส่งผลให้ปริมาณแป้งมีค่าลดลงและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของมันฝรั่งแปรรูป จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) ได้

2.7 Modified Atmosphere Packaging (MAP)

Modified Atmosphere Packaging (MAP) เป็นเทคนิคที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้กับผลิตผล โดยเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศที่แตกต่างไปจากสภาพบรรยากาศตามธรรมชาติ ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ซึ่งจะทำให้ปริมาณของก๊าซออกซิเจนค่อยๆลดลง เนื่องจากผลิตผลใช้ไปในการหายใจ ขณะเดียวกันจะมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

การเก็บในสภาพปรับบรรยากาศ จะให้ประสิทธิภาพดีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิและความชื้นเหมาะสม นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล พันธุ์ อายุทางสรีรวิทยา ส่วนประกอบของก๊าซและระยะเวลาการเก็บรักษาด้วย

การหายใจของผลิตผลและคุณสมบัติในการยอมให้อากาศซึมผ่านของถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุ จะเป็นตัวกำหนดปริมาณของก๊าซภายใน โดยจะต้องควบคุมให้เหมาะสม เนื่องจากถ้าปริมาณของออกซิเจนลดต่ำลงมาก และคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นมาก จะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเกิดการหมักขึ้น เป็นผลให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติได้ ซึ่งในบางกรณีอาจเจาะรูที่ถุงเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้

2.7.1 **ฟิล์มบรรจุ**

ฟิล์มพลาสติกจะช่วยในการป้องกันและรักษาผลิตผลให้อยู่ได้นานขึ้น โดยทั่วไปฟิล์มพลาสติกจะช่วยให้เกิดสภาพแวดล้อมรอบๆผลิตผล (microclimate) เหมาะสมต่อการเก็บรักษา การใช้ฟิล์มพลาสติกห่อผลิตผล อาจจะเป็นการห่อแต่ละหน่วยแยกกัน หรืออาจเป็นการห่อมากกว่าหนึ่งหน่วยของผลิตผลก็ได้

ฟิล์มพลาสติกที่มักใช้ในการบรรจุหีบห่อผักและผลไม้ ได้แก่ low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE) และ polypropylene (PP) ซึ่งฟิล์มแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน การเลือกใช้ควรคำนึงถึง การหดตัว การยืดตัว การปิดผนึก การยอมให้อากาศและน้ำผ่านได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

2.7.2 ผลของการเก็บรักษาในสภาพปรับบรรยากาศ

2.7.2.1 ผลดี

การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง จะช่วยทำให้การเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำมีประสิทธิภาพดีขึ้น ทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียลดลงทั้งปริมาณและคุณภาพในระหว่างการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยว ผลดีของการเก็บรักษาโดยวิธีนี้ ได้แก่

2.7.2.1.1 ทำให้กระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพ (senescence) เกิดช้าลง เนื่องจากอัตราการหายใจลดลง, ลดกระบวนการเมทาบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง และอัตราการสังเคราะห์เอทิลีนเกิดได้ช้าลงเช่นเดียวกัน

2.7.2.1.2 ลดสภาพไว (sensitivity) ในการตอบสนองของผลไม้ต่อก๊าซเอทิลีน ทำให้การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่กระตุ้นโดยเอทิลีนเกิดขึ้นได้ช้าลง ทั้งนี้เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับเอทิลีน สามารถไปแย่งที่ active site ของเอทิลีนได้

2.7.2.1.3 ลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ระหว่างการเก็บรักษา เช่น อาการสะท้านหนาว (chilling injury) เพราะหลังจากเกิด primary injury ขึ้นในเซลล์องค์ประกอบต่างๆ ที่เคยอยู่ใน compartment แยกต่างหากจะเล็ดลอดออกมา โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอล ทำให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนและทำให้เกิดอาการผิดปกติสีน้ำตาลเกิดขึ้น

2.7.2.1.4 ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้บนผักและผลไม้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ (aerobic microorganism) เมื่อมีก๊าซออกซิเจนต่ำ ทำให้การเจริญเติบโตบนผลิตผลลดลง

2.7.2.1.5 ลดการเจริญเติบโตของแมลงที่ติดมากับผลิตผล (ดนัย และ นิธิยา, 2548)

2.7.2.2 ผลเสีย

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ไม่ได้รับการควบคุมให้มีองค์ประกอบต่างๆที่คงที่นั้น บ่อยครั้งที่ปริมาณก๊าซบางชนิดมีอยู่สูงหรือต่ำเกินไปจนทำให้เกิดอันตรายขึ้นกับผลิตผลได้ ดังนี้

2.7.2.2.1 ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เมื่อมีระดับของก๊าซออกซิเจนต่ำ ซึ่งอาจเกิดจากการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration)

2.7.2.2.2 กระตุ้นให้เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา เช่น อาการที่ส่วนผิวของผลิตผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ายถูกน้ำร้อนลวก, กรณีไส้ดำ (black heart) ของมันฝรั่ง และอาการ brown stain ของผักกาดหอม เป็นต้น

2.7.2.2.3 ทำให้เกิดการสุกที่ไม่สม่ำเสมอในผลกล้วย สาลี่ และมะเขือเทศ

2.7.2.2.4 เพิ่มความอ่อนแอต่อโรค เนื่องจากผลิตผลเกิดความเสียหาย เพราะมีปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไป หรือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป

2.7.2.2.5 กระตุ้นให้มีการงอกและลดอัตราการสร้าง periderm ในผลิตผลที่เป็นรากหรือลำต้นใต้ดิน เช่น มันฝรั่ง (ดนัย และ นิธิยา, 2548)

Shetty et al. (1989) ศึกษานำฟิล์มพลาสติกที่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษามันฝรั่ง โดยใช้ฟิล์ม 3 ชนิด คือ โพลีโอลิฟิน (oriented polyolefin), โคโพลีเมอร์ระหว่างโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน และโพลีไวนิลคลอไรด์ เก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เปรียบเทียบคุณภาพทั้งทางเคมีและกายภาพของมันฝรั่ง พบว่า มันฝรั่งที่บรรจุในฟิล์มโพลีโอลิฟินมีคุณภาพดีที่สุด โดยมีปริมาณของมันฝรั่งส่วนที่งอกน้อยที่สุด ปริมาณการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อลดลงน้อยที่สุด และมีปริมาณแป้ง น้ำตาล และกรดแอสคอบิกเหลืออยู่มากที่สุด เนื่องจากฟิล์มโพลีโอลิฟินมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า (*Solanum tuberosum* L., cv Spunta) ซึ่งเป็นมันฝรั่งสำหรับบริโภคสด ระยะสุกแก่เต็มที่ (mature) จากอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 สารเคมี

- สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต

methyl jasmonate	A.R.

- สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

acetic acid	A.R.
phosphoric acid	A.R.
p-formaldehyde	A.R.
α-solanine from potato sprouts	A.R.
copper sulphate	A.R.
potassium sodium tartrate	A.R.
sodium hydroxide	A.R.
phenolphthalein	A.R.
methylene blue	A.R.
neutral lead acetate	A.R.
potassium oxalate	A.R.
alcohol 95%	A.R.
sulfuric acid	A.R.
α-naphthol	A.R.
hydrochloric acid	A.R.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 อุปกรณ์

- อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

เครื่องปิดผนึกแบบลวดไฟฟ้า

บรรจุภัณฑ์ FRESHPAC™ ได้รับความอนุเคราะห์จาก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ขนาด 20x27.5 เซนติเมตร หนา 31.8 ไมครอน

O_2 transmission rate : 11.66 cc/cm^{2}day, CO_2 transmission rate : 27.97 cc/cm^{2}day

กล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด 44x24x17 เซนติเมตร (เจาะรูข้างกล่อง ด้านละ 2 รู)

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA 4100S)

เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Sartorius, B 310S)

เครื่อง LLYOD Food Texture Analyzer (Model TA 500, England)

เครื่อง Headspace Analyzer 6600 (Illinois Instrument, U.S.A.)

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A 200S)

สเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Milton Roy, Spectronic 601)

เครื่องบดอาหาร (Blender)

เครื่องแก้วต่างๆ

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เครื่องคอมพิวเตอร์ PC

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS)

3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า ระยะสุกแก่เต็มที่ (mature) เก็บเกี่ยวจากอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ บรรจุใส่เข่ง เข่งละ 25 กิโลกรัม ขนส่งโดยรถบรรทุก มาที่โกดังสินค้าย่านปากคลองตลาด จังหวัดกรุงเทพมหานคร มันฝรั่งมีขนาดหัวละประมาณ 100-120 กรัม นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาและผึ่งให้แห้ง เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.2.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

คัดเลือกมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า ที่ไม่มีตำหนิ และมีขนาดหัวละประมาณ 100-120 กรัม ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาและผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปตรวจวัดสมบัติทางกาย ภาพและเคมี ดังนี้

3.2.2.1 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง LLYOD Food Texture Analyzer (Model TA 500, England) (ภาคผนวก ก.1)

3.2.2.2 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด โดยใช้วิธีทาง Spectrophotometry ตามวิธีของ Wang and Thomson (1972) (ภาคผนวก ข.1)

3.2.2.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง โดยใช้วิธี Lane-Eynon method โดยดัดแปลงจากวิธีของ Ranganna (1997) (ภาคผนวก ข.2)

3.2.2.4 ปริมาณแป้ง ตามวิธีของ Ranganna (1997) (ภาคผนวก ข.3)

ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (Montgomery, 2001)

3.2.3 ศึกษาวิธีและความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมทิลจัสโมเนต ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

เตรียมตัวอย่างโดยเลือกมันฝรั่งที่มีขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอ จากข้อ 3.2.1 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปจุ่มในสารละลายเมทิลจัสโมเนตเป็นเวลา 3 นาที อีกส่วนหนึ่งนำไปรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต โดยปิเปตสารละลายเมทิลจัสโมเนต ตามความเข้มข้นและปริมาตรที่คำนวณไว้ ใส่ลงในกระดาษกรอง แล้วนำไปวางในถังพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร สูง 42 เซนติเมตร ที่มีมันฝรั่งอยู่ประมาณ 5 กิโลกรัม ปิดฝาให้สนิท ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (เวลาที่ใช้ในการจุ่มมันฝรั่งในสารละลายเมทิลจัสโมเนตเป็นเวลา 3 นาที และเวลาในการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้จากการดัดแปลงจากงานวิจัยที่มีผู้เคยศึกษาไว้แล้วในผลิตผลชนิดอื่น ซึ่งให้ผลในการยับยั้งการงอกได้ดี และได้ทำการทดลองเบื้องต้น (preliminary test) โดยลองเก็บมันฝรั่งตัวอย่างที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต เป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งพบว่า สามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่งได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม) โดยแปรความเข้มข้นของเมทิลจัสโมเนตเป็น 3 ระดับ คือ 0, 10^{-5} และ 10^{-4} โมลาร์ ตามลำดับ จากนั้นบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด 44x24x17 เซนติเมตร (เจาะรูข้างกล่อง ด้านละ 2 รู) ที่ปิดสนิท โดยแบ่งมันฝรั่งแต่ละทรีตเมนต์ให้มีปริมาณ 520-550 กรัม (ประมาณ 5 ผล) เปรียบเทียบกับมันฝรั่งที่ไม่ใช้เมทิลจัสโมเนตเป็นตัวอย่างควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (33 $\pm$ 3 องศา

เซลเซียส) ในที่มืด เป็นเวลา 60 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละทรีตเมนต์ทุก 15 วัน มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมันฝรั่ง ดังนี้

3.2.3.1 การงอก โดยชั่งน้ำหนักมันฝรั่งส่วนที่งอกออกมา รายงานผลเป็นร้อยละของน้ำหนักมันฝรั่งเริ่มต้น ตามวิธีของ Shetty et al. (1989)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{น้ำหนักมันฝรั่งส่วนที่งอกออกมา}}{\text{น้ำหนักมันฝรั่งเริ่มต้น}} \times 100 \quad \text{----------(1)}$$

3.2.3.2 การสูญเสียน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักมันฝรั่งก่อนและหลังการเก็บรักษา รายงานผลเป็นร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักมันฝรั่งเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักมันฝรั่งหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักมันฝรั่งเริ่มต้น}} \times 100 \quad \text{-------(2)}$$

3.2.3.3 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง LLYOD Food Texture Analyzer (Model TA 500, England) (ภาคผนวก ก.1)

3.2.3.4 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด โดยใช้วิธีทาง Spectrophotometry ตามวิธีของ Wang and Thomson (1972) (ภาคผนวก ข.1)

3.2.3.5 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง โดยใช้วิธี Lane-Eynon method โดยดัดแปลงจากวิธีของ Ranganna (1977) (ภาคผนวก ข.2)

3.2.3.6 ปริมาณแป้ง ตามวิธีของ Ranganna (1977) (ภาคผนวก ข.3)

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design ขนาด 2x3x5 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (Montgomery, 2001)

3.2.4 ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนตและอุณหภูมิการเก็บรักษา ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

เตรียมตัวอย่างโดยเลือกมันฝรั่งที่มีขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอ จากข้อ 3.2.1 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งใช้เมทิลจัสโมเนต ตามวิธีและความเข้มข้นที่เลือกจากข้อ 3.2.3 อีกส่วนหนึ่งไม่ใช้เมทิลจัสโมเนตเป็นตัวอย่างควบคุม จากนั้นบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด 44x24x17 เซนติเมตร (เจาะรูข้างกล่อง ด้านละ 2 รู) ที่ปิดสนิท โดยแบ่งมันฝรั่งแต่ละทรีตเมนต์ให้มีปริมาณ 520-550 กรัม (ประมาณ 5 ผล) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (33 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส) และ

ที่อุณหภูมิห้องเย็น (2 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85%) ในที่มืด เป็นเวลา 60 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละทรีตเมนต์ทุก 15 วัน มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมันฝรั่งตามข้อ 3.2.3.1-3.2.3.6

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design ขนาด 2x2x5 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (Montgomery, 2001)

3.2.5 ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนต และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

เตรียมตัวอย่างโดยเลือกมันฝรั่งที่มีขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอ จากข้อ 3.2.1 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งใช้เมทิลจัสโมเนต ตามวิธีและความเข้มข้นที่เลือกจากข้อ 3.2.3 อีกส่วนหนึ่งไม่ใช้เมทิลจัสโมเนต เป็นตัวอย่างควบคุม จากนั้นแบ่งมันฝรั่งแต่ละทรีตเมนต์ให้มีปริมาณ 520-550 กรัม (ประมาณ 5 ผล) บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด 44x24x17 เซนติเมตร (เจาะรูข้างกล่อง ด้านละ 2 รู) ที่ปิดสนิท และถุง FRESHPAC™ ปิดผนึกด้วยความร้อน แล้วจึงบรรจุในกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็น (2 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85%) ในที่มืด เป็นเวลา 60 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละทรีตเมนต์ทุก 15 วัน มาตรวจสอบปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน headspace ของถุง FRESHPAC™ โดยใช้เครื่อง Headspace Analyzer 6600 (Illinois Instrument, U.S.A.) (ภาคผนวก ก.2) และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมันฝรั่งตามข้อ 3.2.3.1-3.2.3.6

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design ขนาด 2x2x5 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (Montgomery, 2001)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย มีน้ำหนักประมาณ 100-120 กรัมต่อหัว เมื่อวิเคราะห์หาความแน่นเนื้อ ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ปริมาณแป้ง และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่ง ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

สมบัติทางกายภาพและเคมี	ค่าเฉลี่ย[a] ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความแน่นเนื้อ (N)	275.66 ± 7.11
ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด (ppm)	3.12 ± 0.07
ปริมาณแป้ง (%)	8.50 ± 0.10
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (%)	0.33 ± 0.01

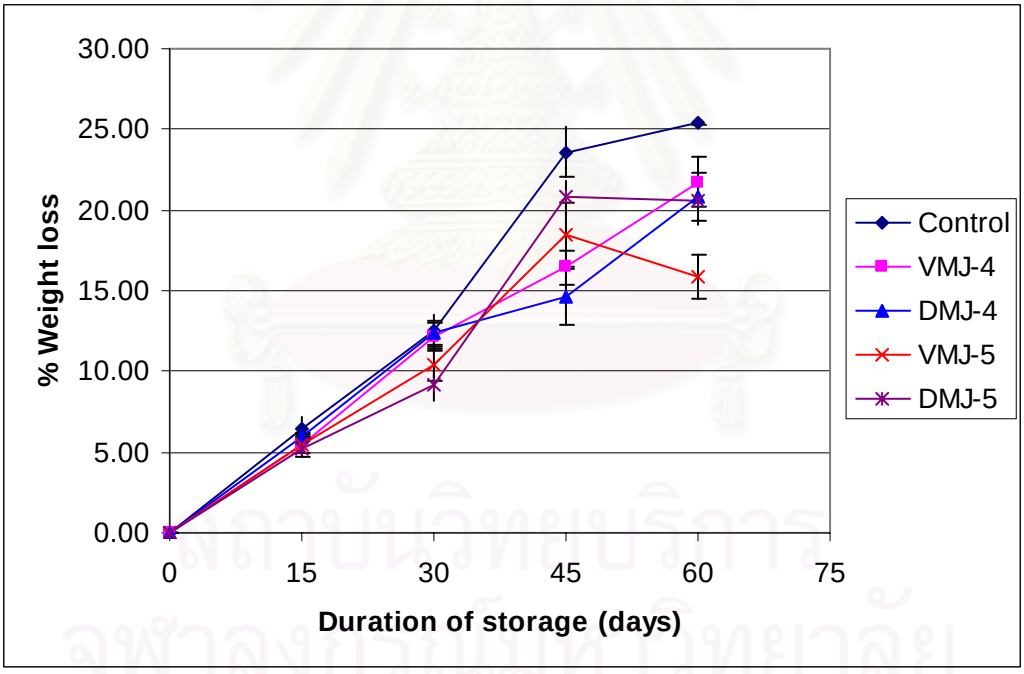
[a] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

4.2 วิธีและความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมทิลจัสโมเนต ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

การศึกษาวิธีและความเข้มข้นที่เหมาะสมของเมทิลจัสโมเนต ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง โดยนำมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า มาจุ่ม (3 นาที) และรม (24 ชั่วโมง) ด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ แล้วบรรจุในกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (33 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 60 วัน หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์การงอก ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ปริมาณแป้ง และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่ง ได้ผลดังต่อไปนี้

จากการวัดหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.1 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งในทุกทรีตเมนต์ จะมีค่า

เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยตัวอย่างควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุดถึง 25.40% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ซึ่งมีค่ามากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนวิธีการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ก็จะไม่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน คือ จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 20-22% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ยกเว้นมันฝรั่งที่รมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ที่ 15.87% ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล เกิดขึ้นเนื่องจากผลิตผลหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว ยังมีชีวิตอยู่ จึงมีการคายน้ำ (transpiration) ออกจากเนื้อเยื่อ ซึ่งหากเก็บในที่ที่มีความชื้นต่ำ ก็จะเกิดการสูญเสียน้ำหนักได้ง่าย ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตผลมีผิวเหี่ยวแห้ง สูญเสียคุณสมบัติการบริโภคได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

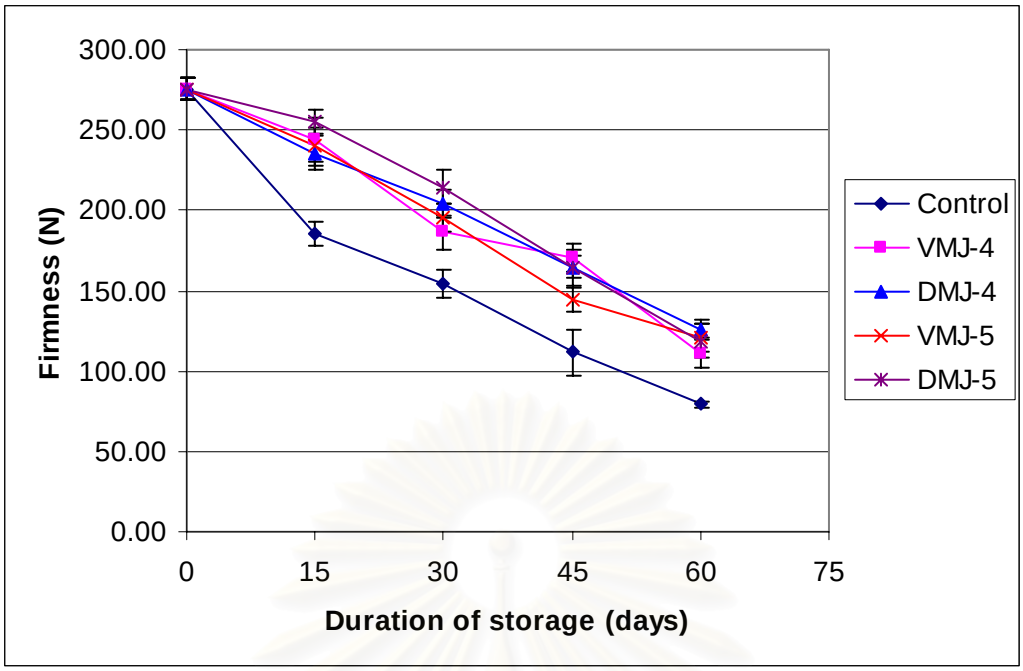


ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, VMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-5} M, DMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-5}M, VMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-4} M, DMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

จากการวัดหาความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.2 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ความแน่นเนื้อจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างควบคุมจะมีค่าความแน่นเนื้อลดลงมากที่สุด ตั้งแต่ช่วง 15 วันแรกของการเก็บรักษา คือ มีค่าความแน่นเนื้อลดลงจากเริ่มต้น 275.66 N เป็น 185.77 N และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนกระทั่งเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน จะมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเป็น 79.25 N ซึ่งมีค่าลดลงมากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเป็นประมาณ 111-126 N ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ส่วนมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ พบว่า ค่าความแน่นเนื้อจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) รวมทั้งวิธีการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ก็จะไม่ส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของมันฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกัน ซึ่งค่าความแน่นเนื้อที่ลดลงนี้ จะทำให้มันฝรั่งมีลักษณะนิ่มลง จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

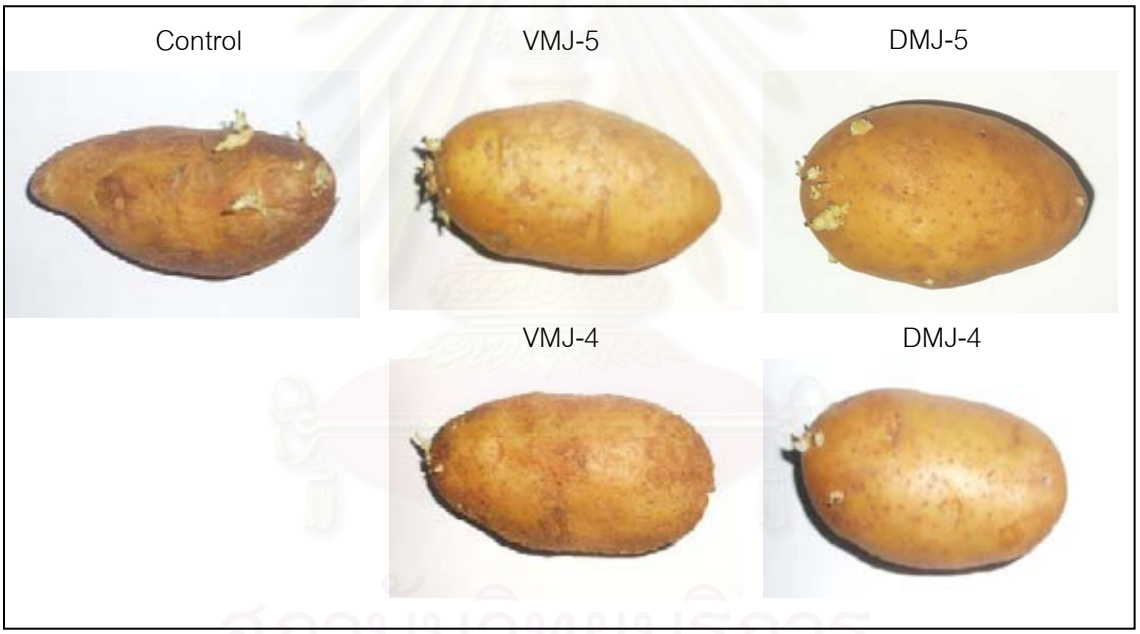


ภาพที่ 4.2 ความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, VMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-5} M, DMJ-5= มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-5}M, VMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-4} M, DMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

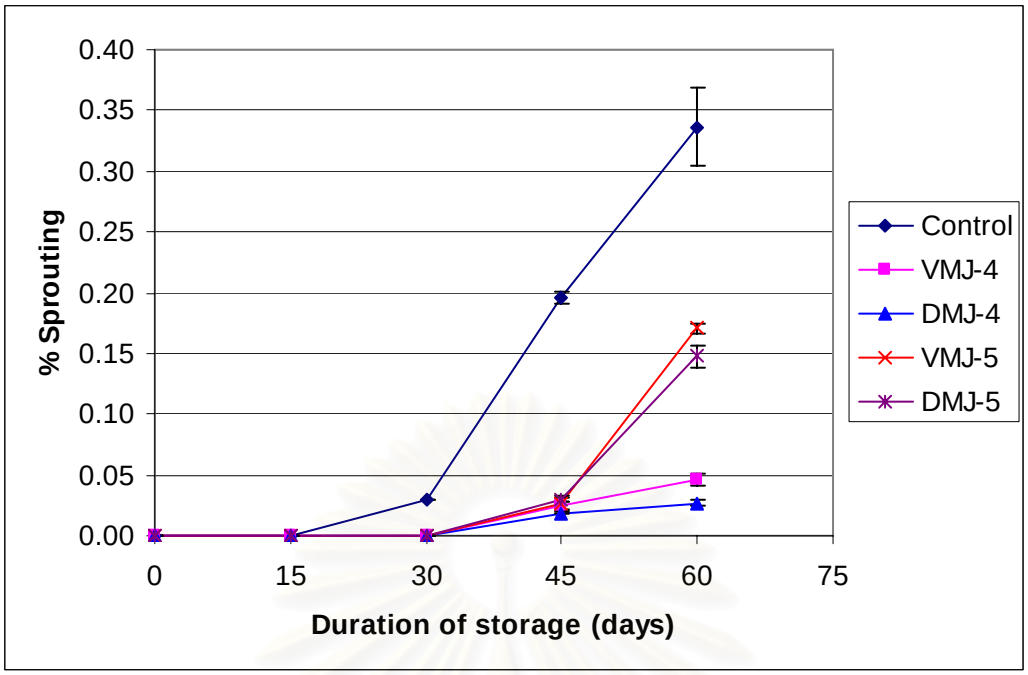
เมื่อพิจารณาการงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน (ภาพที่ 4.3) พบว่า มันฝรั่งตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต จะเกิดการงอกมากที่สุด รองลงมา คือ มันฝรั่งที่ใช้เมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-5} และ10^{-4} โมลาร์ ตามลำดับ โดยวิธีการจุ่ม จะช่วยชะลอการงอกของมันฝรั่งได้ดีกว่าวิธีการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษานานกว่า 45 วัน แต่จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในช่วง 45 วันแรกของการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะว่าวิธีการจุ่ม มันฝรั่งสามารถดูดซับสารละลายเมทิลจัสโมเนตได้มากกว่าการรม หรือ อาจเป็นเพราะเวลาที่ใช้ในการรมน้อยเกินไป ทำให้มันฝรั่งดูดซับเมทิลจัสโมเนตได้น้อย และเมื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.4 จะพบว่า ตัวอย่างควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกถึง 0.34% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ส่วนมันฝรั่งที่ใช้เมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-5} และ10^{-4} โมลาร์ จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกประมาณ

0.15 และ 0.03% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างควบคุมเริ่มเกิดการงอก เมื่อเก็บรักษานานกว่า 15 วัน ส่วนมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ จะเริ่มเกิดการงอก เมื่อเก็บรักษานานกว่า 30 วัน ซึ่งแสดงว่า เมทิลจัสโมเนตสามารถช่วยชะลอการงอกของมันฝรั่งได้ โดยการงอกของมันฝรั่งนี้ นอกจากจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ยังก่อให้เกิดการสะสมของสารไกลโคอัลคาลอยด์ในมันฝรั่งด้วย (Sengul et al., 2004) ผลการทดลองที่ได้นี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lulai et al. (1995) ซึ่งพบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนตด้วยวิธีการจุ่ม ที่ความเข้มข้น 0.001-0.01 มิลลิโมลาร์ สามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่งได้ และ Wang (1998) ซึ่งพบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-5}-10^{-3} โมลาร์ ช่วยยับยั้งการงอกและช่วยรักษาคุณภาพของแรดิชได้



ภาพที่ 4.3 การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, VMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-5} M, DMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-5}M, VMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-4} M, DMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

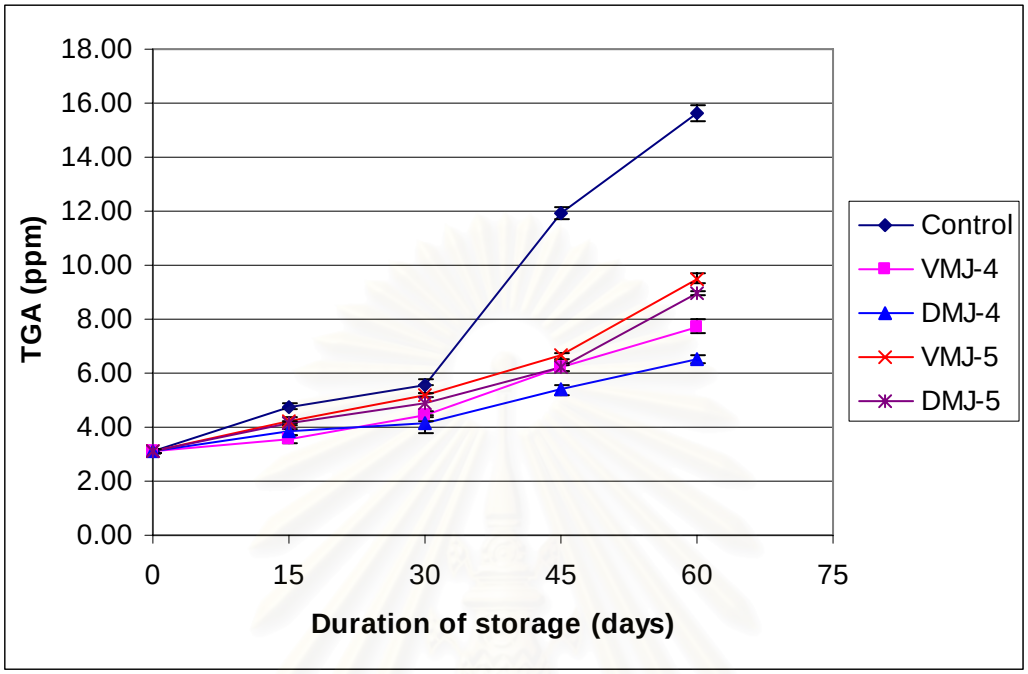


ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, VMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-5} M, DMJ-5= มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-5}M, VMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-4} M, DMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4.5 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งทุกทรีตเมนต์ จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีความสัมพันธ์กับการงอกของมันฝรั่ง คือ ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมันฝรั่งเกิดการงอกมากขึ้น โดยตัวอย่างควบคุมจะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ จะมีค่าสูงถึง 15.66 ppm เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ซึ่งจะส่งผลต่อกลิ่นรสของมันฝรั่งได้ โดยถ้ามีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อมันฝรั่งสด 100 กรัม จะทำให้เกิดรสขมขึ้นได้ แต่ยังไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษจากสารไกลโคอัลคาลอยด์ (Haddadin et al., 2001) รองลงมาคือ มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-5} และ10^{-4} โมลาร์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดประมาณ 8.96-9.50 และ 6.51-7.70 ppm ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน โดยวิธีการจุ่มจะให้ค่า

ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดต่ำกว่าวิธีการรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

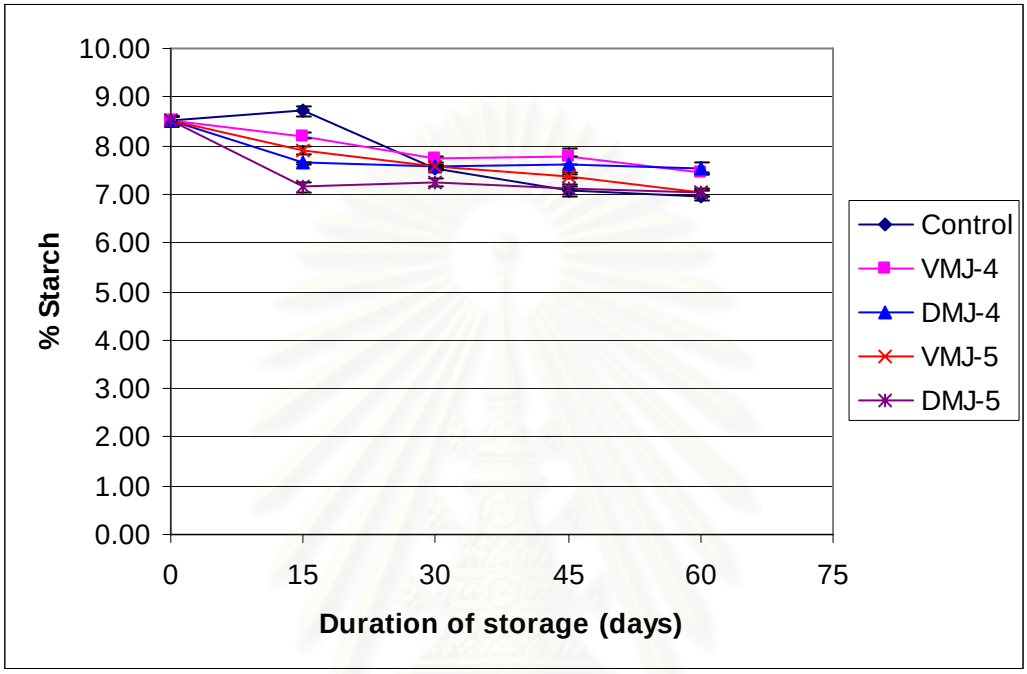


ภาพที่ 4.5 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, VMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-5} M, DMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-5}M, VMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-4} M, DMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.6 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มันฝรั่งในทุกทรีตเมนต์ จะมีปริมาณแป้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งเกิดเนื่องจากกระบวนการหายใจ และกระบวนการเมทาบอลิซึมภายในเซลล์ของมันฝรั่ง ทำให้ปริมาณแป้งมีค่าลดลง โดยจะเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wong and Govinden (2003) ที่พบว่า การเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิห้อง จะส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่จะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 12

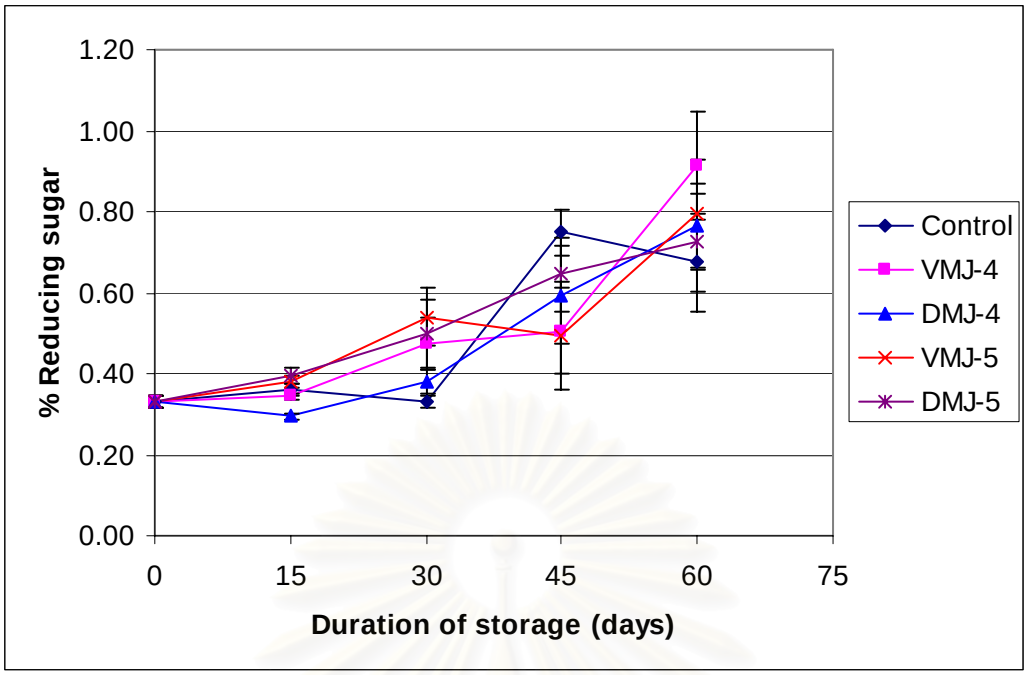
สัปดาห์เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 สัปดาห์ ส่วนวิธีและความเข้มข้นของเมทิลจัสโมเนตที่ใช้ จะไม่ส่งผลต่อปริมาณแป้งและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม



ภาพที่ 4.6 ปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, VMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-5} M, DMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-5}M, VMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-4} M, DMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, VMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-5} M, DMJ-5=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-5}M, VMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต 10^{-4} M, DMJ-4=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

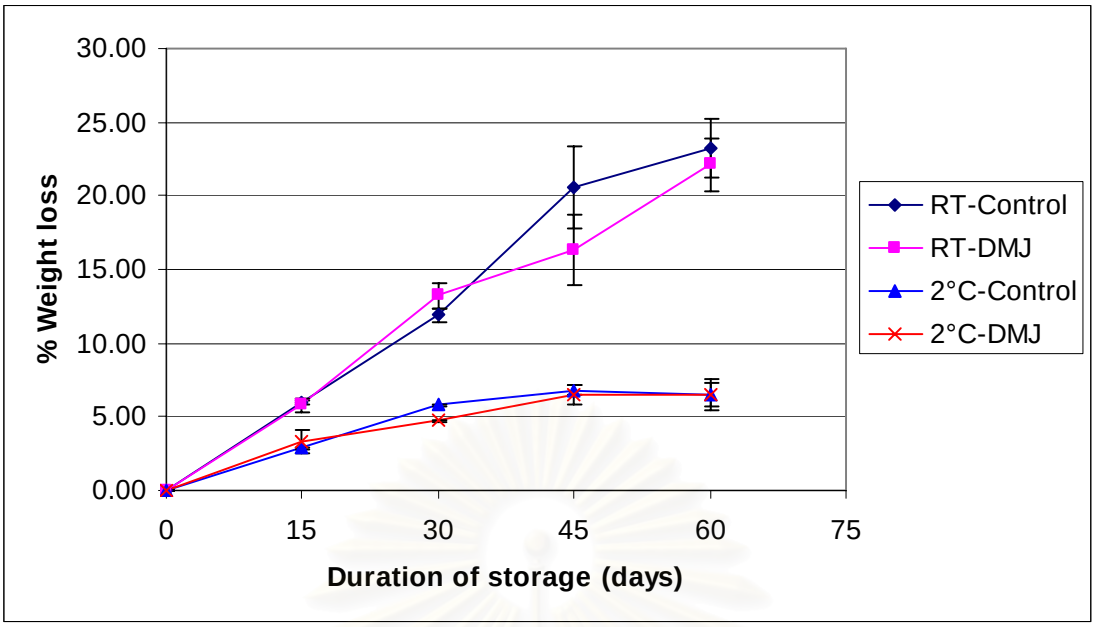
จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมันฝรั่งทุกทรีตเมนต์ ทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์การงอก และปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน พบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ โดยวิธีการจุ่ม 3 นาที สามารถช่วยชะลอการงอกของมันฝรั่งได้ดีที่สุด ดังนั้น จึงเลือกใช้เมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ โดยวิธีการจุ่ม ในการศึกษาทดลองขั้นต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lulai et al. (1995) ซึ่งพบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 0.001- 0.01 มิลลิโมลาร์ โดยวิธีการจุ่ม สามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง ให้ผลใกล้เคียงกับการใช้คลอโพรแฟม 47 มิลลิโมลาร์ และ Wang (1998) ซึ่งพบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น $2x10^{-3}$ โมลาร์ ช่วยยับยั้งการงอกและช่วยรักษาคุณภาพของแรดิชได้ โดยวิธีการจุ่มจะให้ประสิทธิภาพมากกว่าการรม

4.3 ผลของเมทิลจัสโมเนตและอุณหภูมิการเก็บรักษา ในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

การศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนตและอุณหภูมิการเก็บรักษา เพื่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง โดยนำมันฝรั่งจุ่มในเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ บรรจุในกล่องกระดาษ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (33 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิห้องเย็น (2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 80 - 85%) เป็นเวลา 60 วัน หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์การงอก ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ปริมาณแป้ง และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่ง ได้ผลดังต่อไปนี้

จากการวัดหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.8 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มันฝรั่งจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ (2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ามันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน มันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ (2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพียง 6.51-6.53% ส่วนมันฝรั่งที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 22.13-23.25% ซึ่งผลที่ได้เกิดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็น (2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ประมาณ 80-85% ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะมีความชื้นต่ำ ทำให้ผลิตผลมีการคายน้ำเกิดขึ้นตามปกติอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากผลิตผลยังมีชีวิตอยู่ แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จะช่วยชะลออัตราการเสื่อมคุณภาพของผลิตผลหลังเก็บเกี่ยว ชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ การผลิตเอทิลีน ลดอัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผลได้ (ดนัย และนิธิยา, 2548)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

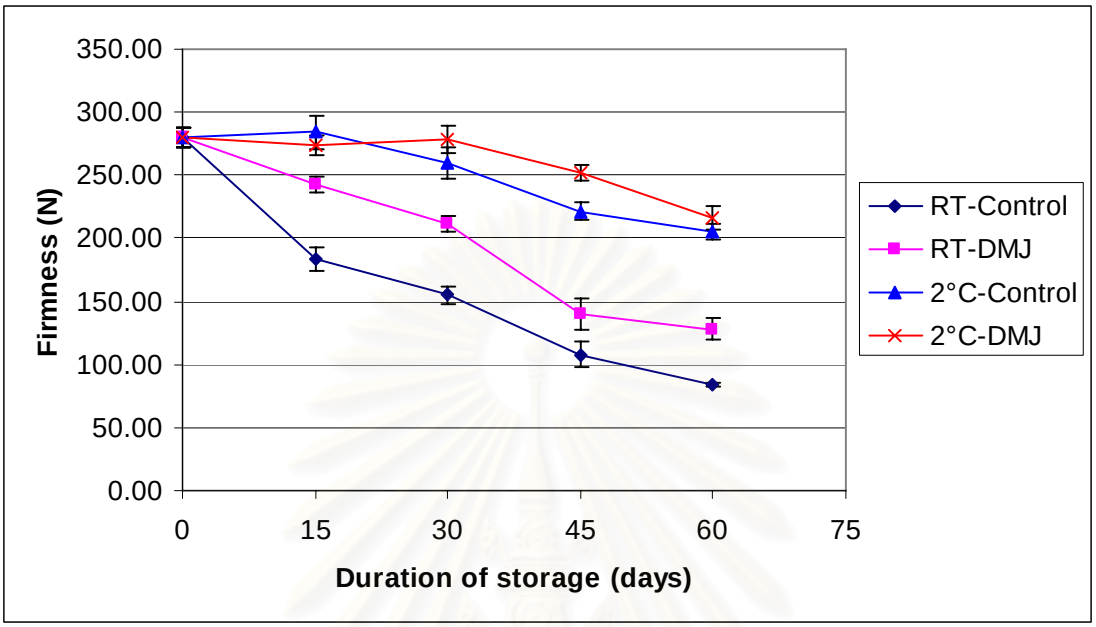


ภาพที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(RT-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, RT-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 2°C-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 $\pm$ 2°C , 2°C-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 $\pm$ 2°C)

จากการวัดหาความแน่นเนื้อ (firmness) ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.9 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ความแน่นเนื้อจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่า การเก็บมันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ (2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) จะทำให้มันฝรั่งมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าการเก็บมันฝรั่งที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 204-215 N ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ส่วนมันฝรั่งที่อุณหภูมิห้องจะมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเป็น 83-128 N เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน โดยมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ จะให้ค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งความแน่นเนื้อที่ลดลงนี้ เกิดจากผลิตผลมีการคายน้ำ ออกจากเนื้อเยื่อ เนื่องจากความชื้นในการเก็บรักษาต่ำ ทำให้ผิวมีลักษณะเหี่ยวแห้ง ส่งผลให้ผลิตผลนิ่มลงได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nourian et al. (2003) ซึ่งพบว่า มัน

ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และความแข็ง (hardness) สูงกว่า มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8, 12, 16 และ 20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

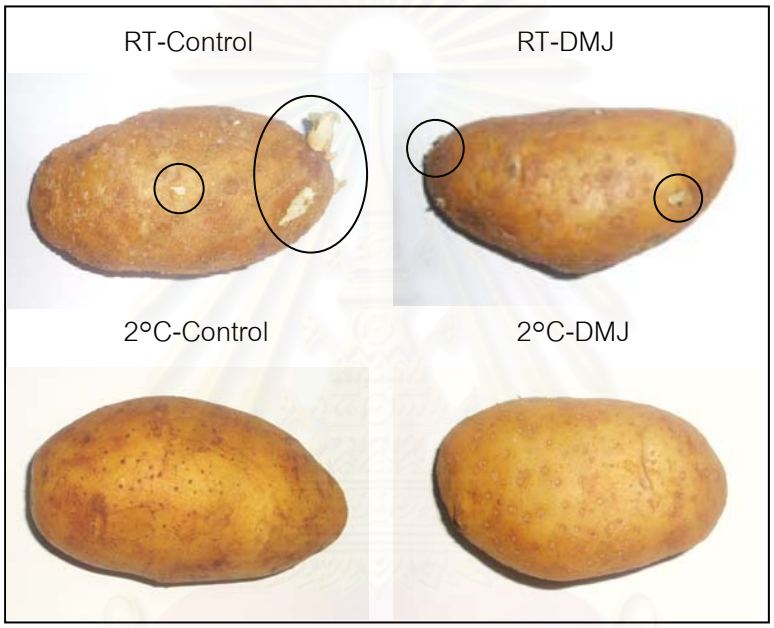


ภาพที่ 4.9 ความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(RT-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, RT-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 2°C-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C , 2°C-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C)

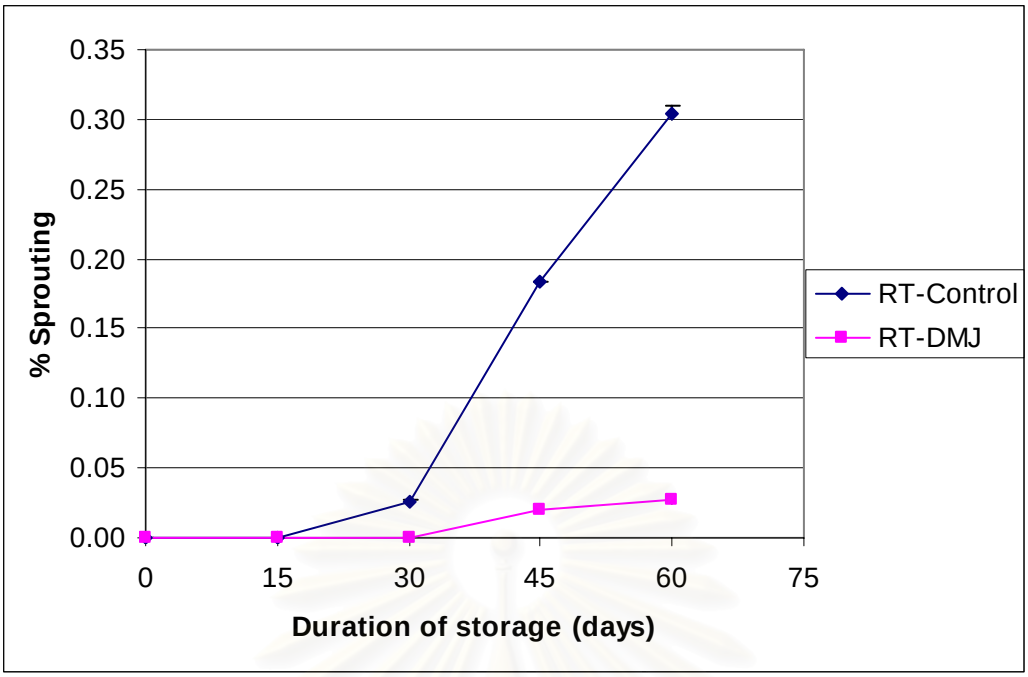
เมื่อศึกษาการงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่า มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 ± 2 องศาเซลเซียส) ไม่เกิดการงอกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60 วัน ส่วนมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะเกิดการงอกขึ้น ดังภาพที่ 4.10 โดยพบว่า ตัวอย่างควบคุมจะเกิดการงอกมากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต และเมื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่ง จะได้ผลดังภาพที่ 4.11 ซึ่งพบว่า ตัวอย่างควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเมื่อเก็บรักษาที่ 60 วัน ตัวอย่างควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์การงอก 0.30% ในขณะที่มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนตจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพียง 0.03% เท่านั้น นอกจากนี้ ตัวอย่างควบคุมจะเกิดการงอก เมื่อ

เก็บรักษานานกว่า 15 วัน ส่วนมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต จะเกิดการงอก เมื่อเก็บรักษานานกว่า 30 วัน เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 2.2 คือ ตัวอย่างควบคุมจะเกิดการงอก เมื่อเก็บรักษานานกว่า 15 วัน ส่วนมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยเมทิลจัสโมเนต จะเกิดการงอก เมื่อเก็บรักษานานกว่า 30 วัน ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nourian et al. (2003) ซึ่งพบว่า มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะไม่เกิดการงอกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 19 สัปดาห์ ส่วนมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8, 12, 16 และ 20 องศาเซลเซียส จะเกิดการงอกขึ้น



ภาพที่ 4.10 การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(RT-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, RT-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 2°C-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C , 2°C-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C)

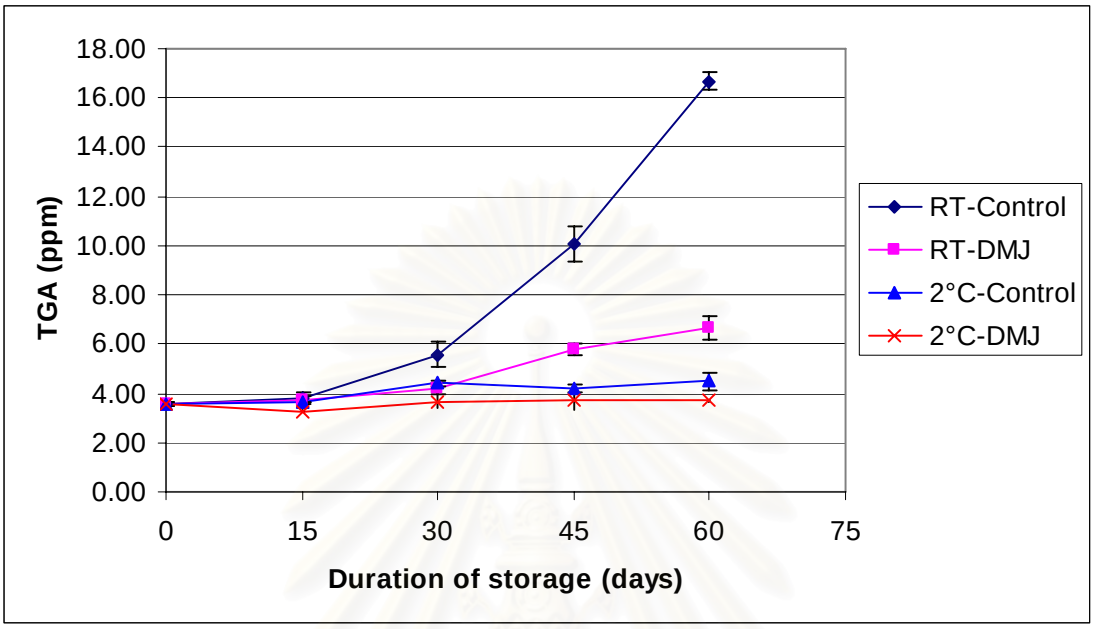


ภาพที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

(RT-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, RT-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 2°C-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 $\pm$ 2°C , 2°C-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 $\pm$ 2°C)

เมื่อเปรียบเทียบมันฝรั่งที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนต ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ กับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน โดยวิเคราะห์ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.12 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มันฝรั่งทุกทรีตเมนต์จะมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น โดยมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส จะมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย จากเริ่มต้นที่ 3.60 ppm มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 3.70-4.49 ppm เท่านั้น ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่มีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงกล่าวได้ว่า การเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยยับยั้งการเกิดไกลโคอัลคาลอยด์ได้ดีกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูง (Rosenfeld et al., 1995; Sengul et al., 2004 และ Machado et al., 2007) โดยตัวอย่างควบคุมจะมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดมากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ ในมันฝรั่งที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนต และตัวอย่างควบคุม จะมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมาก

เป็น 6.65 ppm และ 16.69 ppm ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าความสัมพันธ์กับการงอกของมันฝรั่ง คือ ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมันฝรั่งเกิดการงอกมากขึ้น

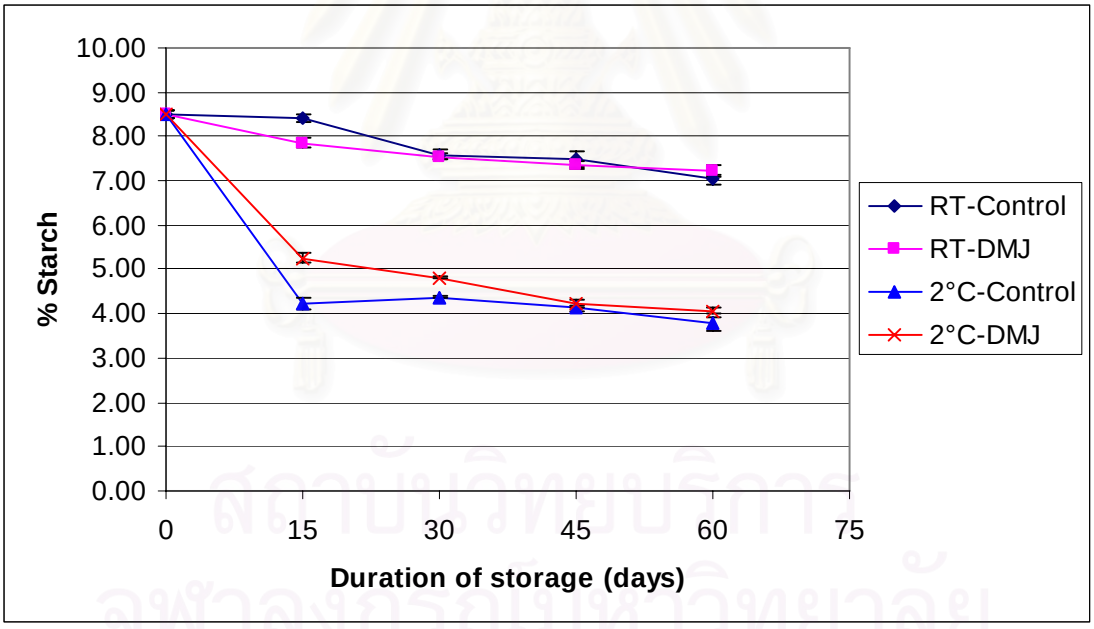


ภาพที่ 4.12 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(RT-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, RT-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 2°C-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C , 2°C-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C)

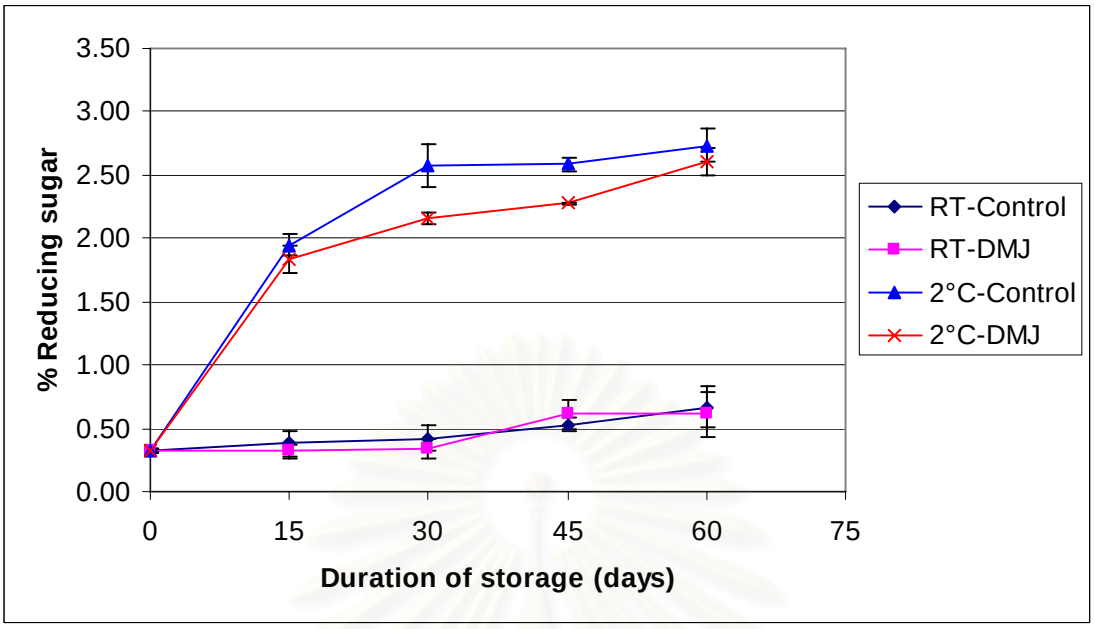
จากการวิเคราะห์ปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.13 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มันฝรั่งทุกทรีตเมนต์จะมีค่าปริมาณแป้งลดลง โดยมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส มีปริมาณแป้งลดลงมากกว่ามันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส มีปริมาณแป้งลดลงจากเริ่มต้นที่มีปริมาณแป้งอยู่ 8.50% ลดลงเหลือเพียง 3.78-4.06% ในขณะที่มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะมีปริมาณแป้งลดลงเหลือประมาณ 7% เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งมีค่าเพิ่มขึ้น (Cold sweetening) (Assmus, 2005) ดังแสดงในภาพที่

4.14 พบว่า มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส จะมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งเพิ่มสูงขึ้นมากกว่ามันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งอยู่ 0.33% เพิ่มสูงขึ้นเป็น 2.67% ในขณะที่มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งเพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.65% เท่านั้น ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อนำไปผลิตเป็นมันฝรั่งทอดได้ (Shetty et al., 1989; Nourian et al., 2003 และ Wong and Govinden, 2003) แต่ในงานวิจัยนี้ใช้มันฝรั่งพันธุ์ สปุนต้า ซึ่งเป็นมันฝรั่งสำหรับบริโภคสด ดังนั้นจึงไม่ต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งมากนัก อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งที่เพิ่มสูงขึ้นอาจส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและรสชาติของมันฝรั่งได้ คือ ทำให้เกิดรสหวานขึ้น แต่สำหรับมันฝรั่งพันธุ์ที่ป้อนเข้าโรงงานแปรรูป (พันธุ์เคนเนเบค และพันธุ์แอตแลนติก) อาจจะต้องนำไป recondition ที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนนำไปแปรรูป เพื่อให้น้ำตาลเปลี่ยนกลับไปเป็นแป้งอีกครั้ง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของมันฝรั่งทอด (Finlay et al., 2003)



ภาพที่ 4.13 ปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(RT-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, RT-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 2°C-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C , 2°C-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C)



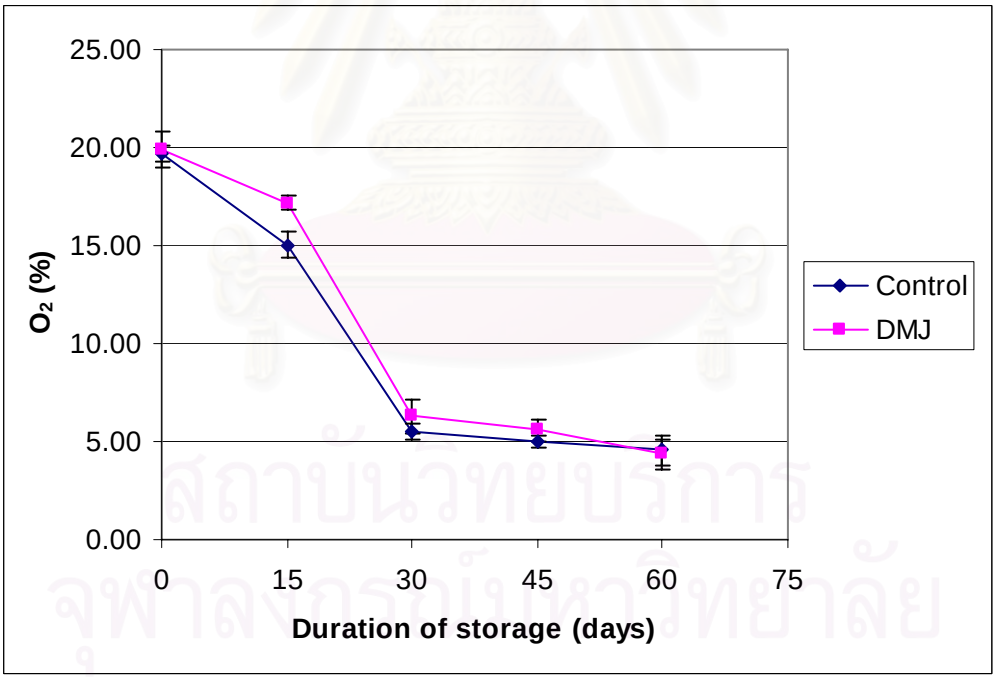
ภาพที่ 4.14 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(RT-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, RT-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 2°C-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C , 2°C-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ2 ± 2°C)

4.4 ผลของเมทิลจัสโมเนต และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

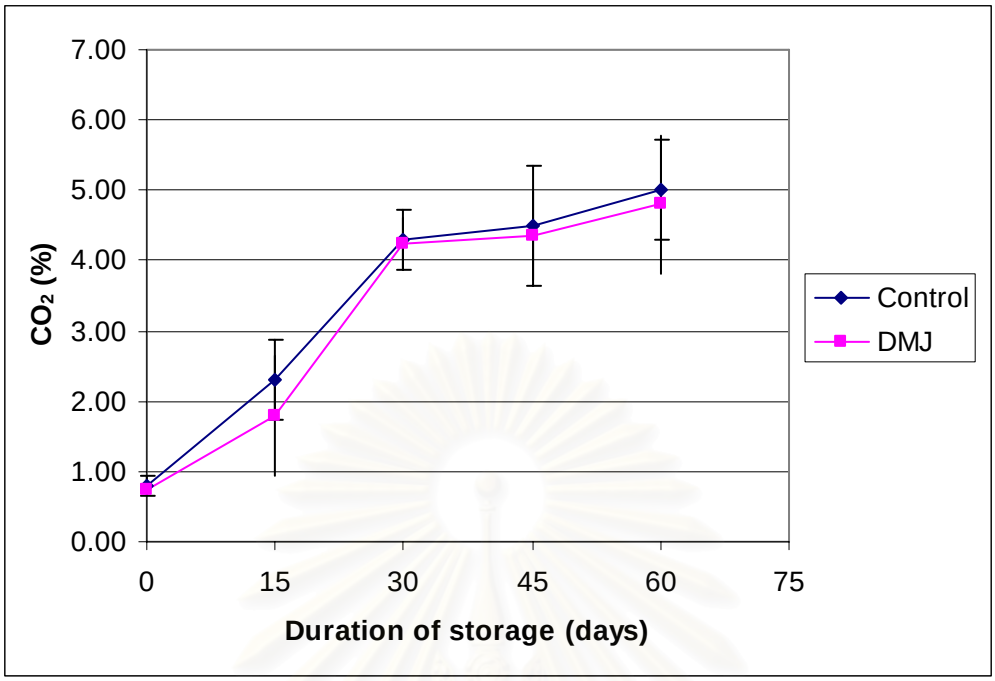
จากการศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนต และบรรจุภัณฑ์ ต่อการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง โดยบรรจุมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนตความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ ในกล่องกระดาษและถุง FRESHPAC™ ปิดผนึกด้วยความร้อน แล้วจึงบรรจุในกล่องกระดาษ เก็บที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน หลังจากนั้นนำมาตรวจสอบปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน headspace ของถุง FRESHPAC™ และวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์การงอก ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด ปริมาณแป้ง และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่ง ได้ผลดังต่อไปนี้

จากการหาปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง FRESHPAC™ ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.15 และ 4.16 พบว่า ปริมาณก๊าซออกซิเจนมีค่าลดลง ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งเกิดจากกระบวนการหายใจของผลิตผลเอง ซึ่งใช้ก๊าซออกซิเจนในการหายใจ และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา โดยพบว่าปริมาณออกซิเจนลดลงอย่างมากในช่วง 30 วันแรกของการเก็บรักษา จากเริ่มต้นที่มีปริมาณออกซิเจน 19.0% ลดลงเหลือเพียงประมาณ 5.5% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นจะเริ่มลดลงเพียงเล็กน้อยจนคงที่ที่ประมาณ 4.5% เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน เช่นเดียวกันกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ที่จะเพิ่มสูงขึ้นในในช่วง 30 วันแรกของการเก็บรักษา จากเริ่มต้นที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 0.8% เพิ่มสูงขึ้นเป็น 4.3% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนคงที่ที่ประมาณ 5.0% เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 4.15 ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุง FRESHPAC™ ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

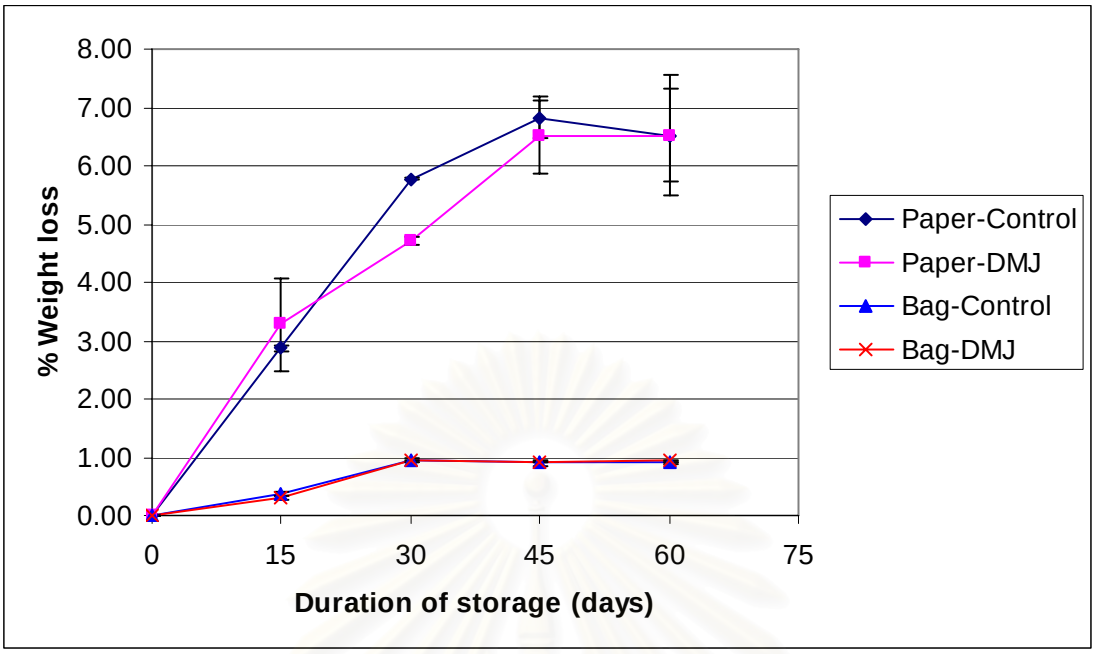
(Control=ตัวอย่างควบคุม, DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)



ภาพที่ 4.16 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง FRESHPAC™ ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(Control=ตัวอย่างควบคุม, DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M)

จากการวัดหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.17 พบว่า มันฝรั่งที่บรรจุในถุงจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักค่อนข้างต่ำ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับมันฝรั่งที่ไม่บรรจุถุงที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน มันฝรั่งที่บรรจุในถุง จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.90% ส่วนมันฝรั่งที่ไม่บรรจุในถุงจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 6.50% ซึ่งเกิดเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ FRESHPAC™ ที่ใช้ในงานวิจัย มีอัตราการซึมผ่านของความชื้นต่ำมาก ทำให้ภายในถุงมีการสะสมความชื้นอยู่สูง ความดันไอน้ำระหว่างผลิตผลกับบรรยากาศภายนอกมีความแตกต่างกันน้อยมาก การบรรจุในถุง FRESHPAC™ จึงสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลได้ดีกว่าการบรรจุในกล่องกระดาษที่มีอัตราการซึมผ่านของความชื้นสูง ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมาก

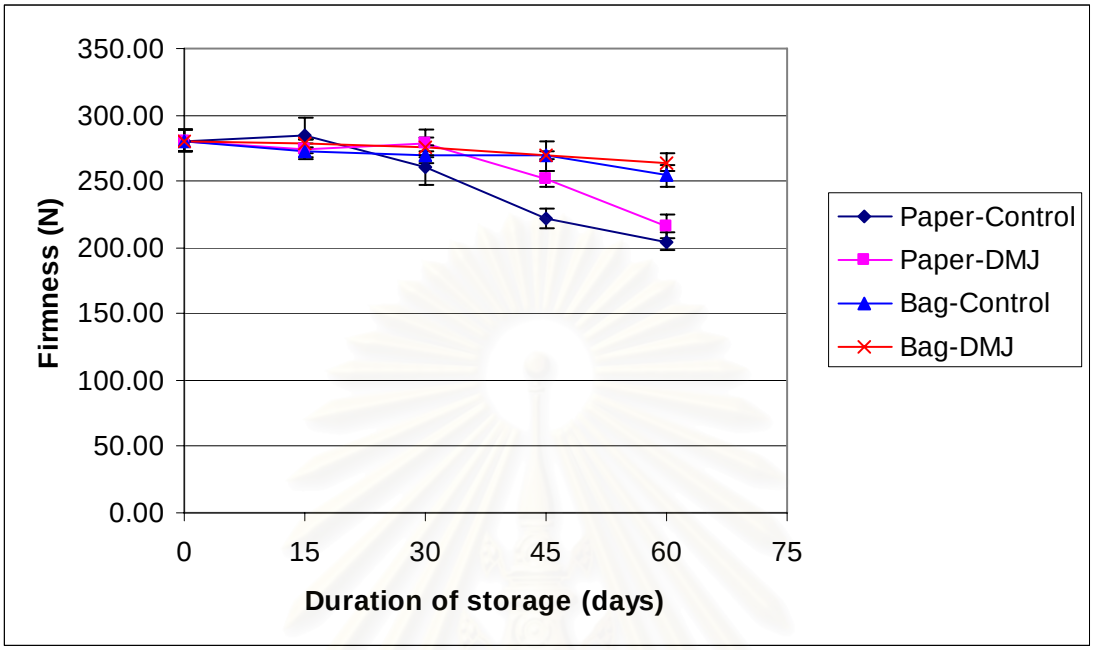


ภาพที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(Paper-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Paper-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™)

จากการวัดหาความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.18 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่า มันฝรั่งทั้งที่บรรจุและไม่บรรจุในถุงมีค่าความแน่นเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในช่วง 30 วันแรกของการเก็บรักษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษานานกว่า 30 วัน จะพบว่า มันฝรั่งที่ไม่บรรจุในถุง มีค่าความแน่นเนื้อลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือ มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 204-215 N ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ในขณะที่มันฝรั่งที่บรรจุในถุง มีค่าความแน่นเนื้อลดต่ำลงเพียงเล็กน้อยเหลือ 254-263 N ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shetty et al. (1989) ซึ่งพบว่า มันฝรั่งที่ห่อด้วยฟิล์มพลาสติก มีความแน่นเนื้อมากกว่ามันฝรั่งที่ไม่ห่อ เกิดเนื่องจากความสามารถ

ของฟิล์มในการลดการสูญเสียน้ำ (moisture loss) ทำให้คงความสมบูรณ์ของเนื้อเยื่อภายในมันฝรั่งได้

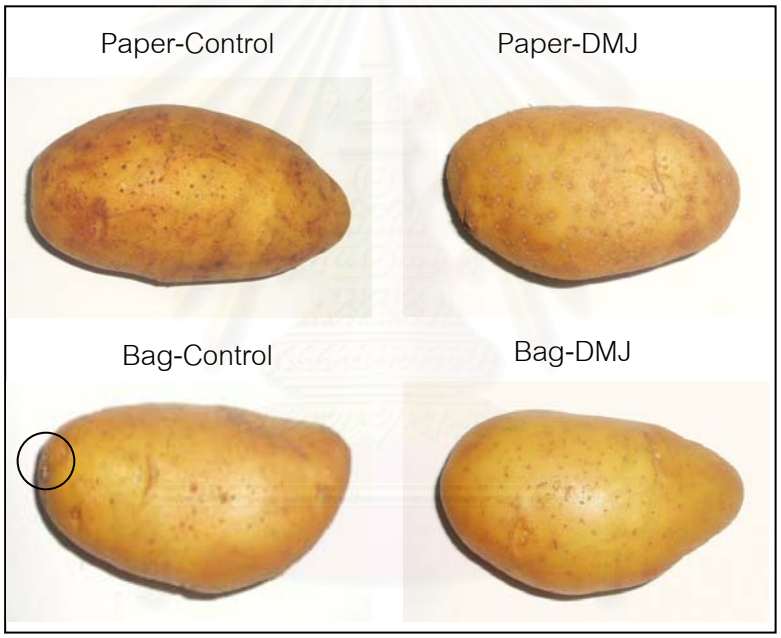


ภาพที่ 4.18 ความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(Paper-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Paper-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™)

เมื่อศึกษาการงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่า มันฝรั่งในทุกทรีตเมนต์ จะไม่เกิดการงอกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ยกเว้น ตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนตที่บรรจุในถุง เมื่อเก็บรักษานานกว่า 45 วัน จะเกิดการงอกขึ้น ดังภาพที่ 4.19 และเมื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งควบคุมที่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ที่เก็บรักษา เป็นเวลา 60 วัน จะพบว่า เกิดการงอกขึ้น 0.015% อาจเกิดเนื่องจากภายในถุงมีปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสม คือ มีค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำเกินไป (4.55%) และค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไป (5.00%) ซึ่งเป็นผลมาจากการหายใจของผลิตผลและอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ ทำให้เกิดการงอกขึ้นได้

(Shetty et al., 1989) โดยจริงแท้ ศิริพานิช (2544) กล่าวว่า การเก็บรักษาในสภาพปรับบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซบางชนิดอยู่สูงหรือต่ำเกินไป จะกระตุ้นให้มีการงอกและลดอัตราการสร้าง periderm ในผลิตผลที่เป็นรากหรือลำต้นใต้ดิน เช่น มันฝรั่ง เป็นต้น โดยในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จะไปขัดขวางการสร้าง periderm ในการสมานแผลของมันฝรั่ง ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้เกิดการงอกของหน่อเพิ่มมากขึ้น (Pantastico, 1975) นอกจากนั้น อาจเกิดจากภาวะที่มีปริมาณความชื้นสูงในบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการงอกได้เช่นกัน (Cantwell et al., 2003) เนื่องจากถุง FRESHPAC™ ที่ใช้บรรจุมันฝรั่งในการวิจัย มีอัตราการซึมผ่านของความชื้นต่ำมาก จึงอาจทำให้เกิดการสะสมความชื้นไว้ในบรรจุภัณฑ์ เป็นผลให้มันฝรั่งเกิดการงอกขึ้น

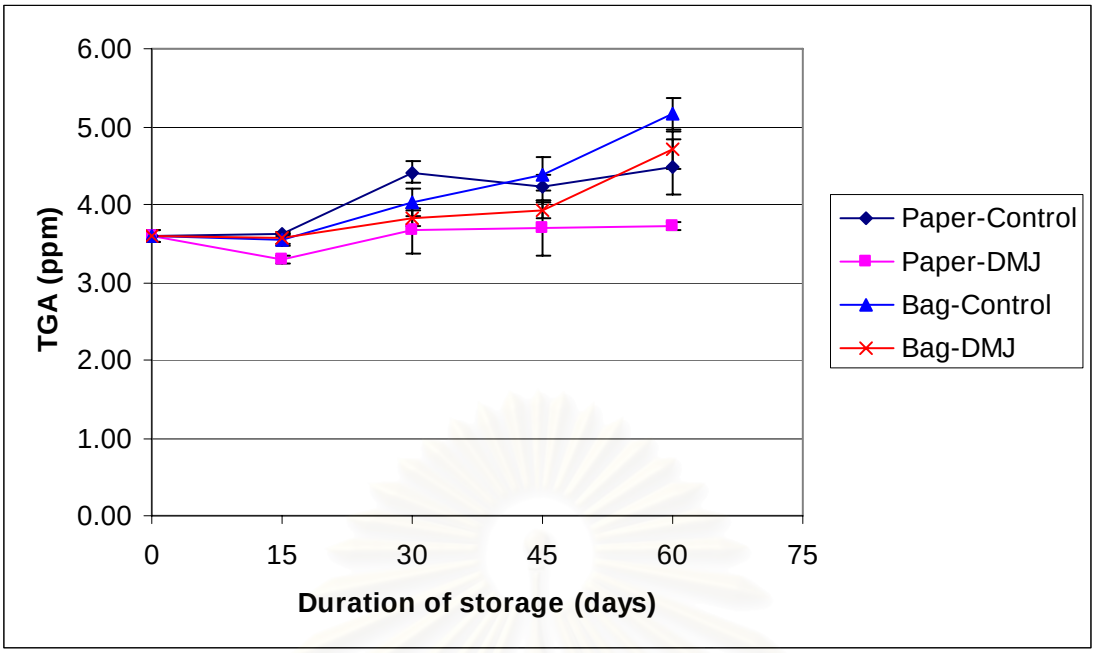


ภาพที่ 4.19 การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ เมื่อเก็บรักษาที่ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(Paper-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Paper-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™)

เมื่อนำมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด จะให้ผลดังภาพที่ 4.20 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มันฝรั่งทุกทรีตเมนต์จะมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น โดยมันฝรั่งที่บรรจุในถุง จะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดอยู่สูงกว่ามันฝรั่งที่ไม่บรรจุในถุง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมันฝรั่งที่บรรจุในถุง จะมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย จากเริ่มต้นที่ 3.60 ppm มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 4.70-5.17 ppm เท่านั้น ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน โดยตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการใช้เมทิลจัสโมเนต จะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดมากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ ในมันฝรั่งที่จุ่มในเมทิลจัสโมเนต และตัวอย่างควบคุม จะมีค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากเป็น 3.72 ppm และ 4.49 ppm ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gosselin and Mondy (1989) ซึ่งพบว่า มันฝรั่งที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีน เก็บที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จะมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมันฝรั่งที่บรรจุในถุงตาข่ายและถุงกระดาษ ทั้งนี้เป็นเพราะภายในถุงโพลีเอทิลีน มีปริมาณความชื้นสูง เป็นผลให้มันฝรั่งเกิดการงอกขึ้น ส่งผลต่อปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดที่สูงขึ้น และเนื่องจากถุงตาข่ายและถุงกระดาษ มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและความชื้นดีกว่า จึงมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดต่ำกว่า

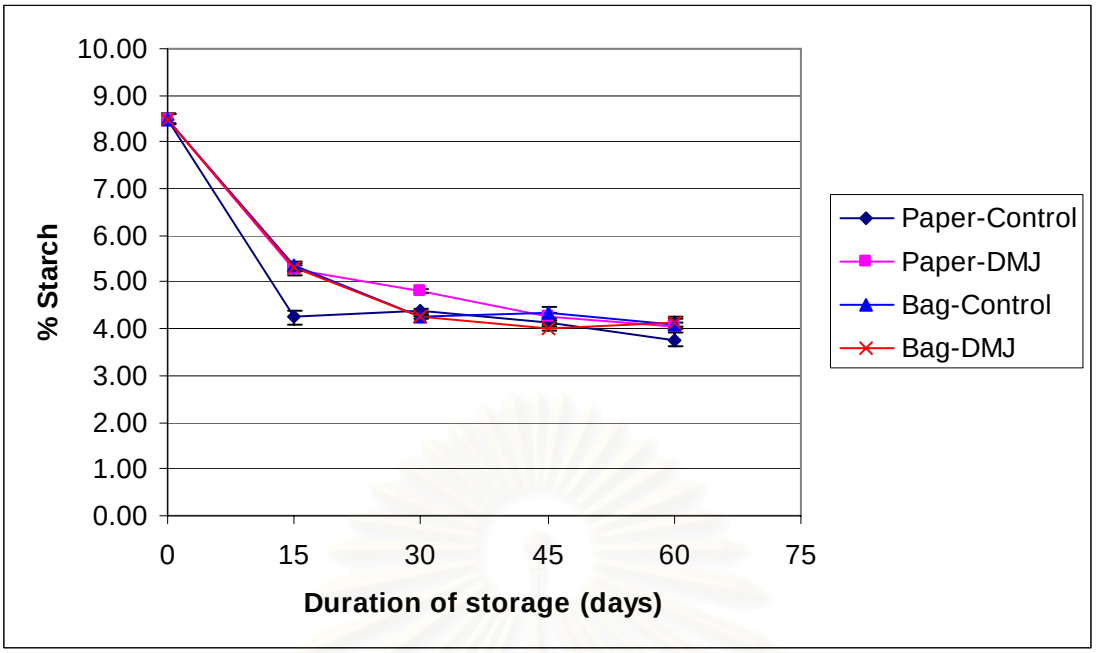
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.20 ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(Paper-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Paper-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™)

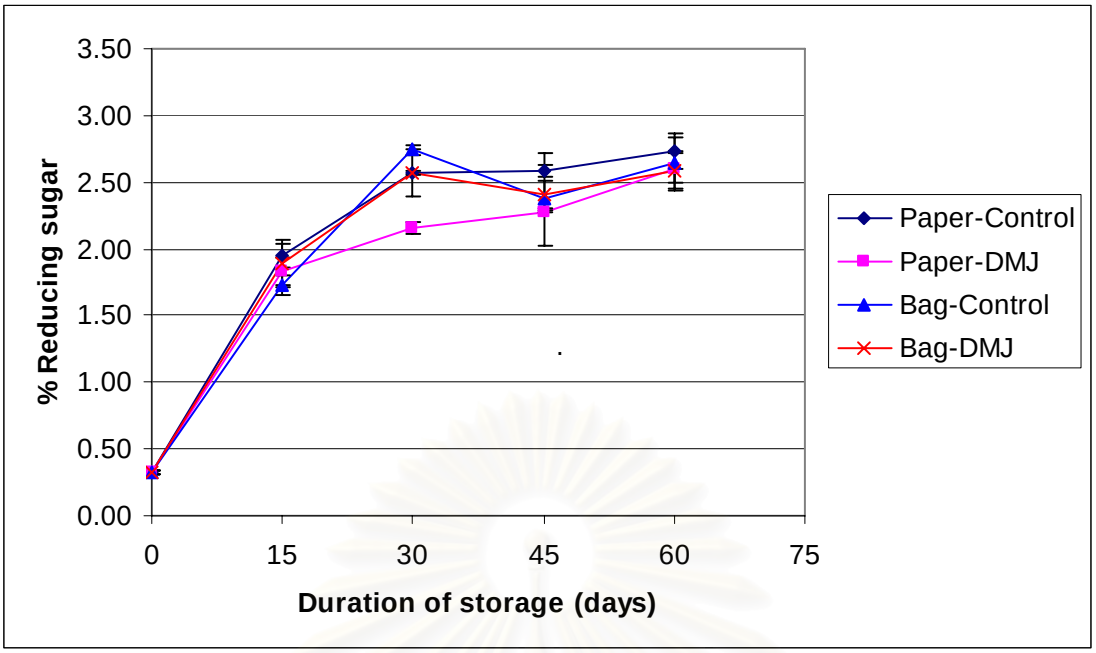
จากการวิเคราะห์หาปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4.21 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มันฝรั่งในทุกทรีตเมนต์ จะมีปริมาณแป้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งที่เพิ่มขึ้น ผลดังภาพที่ 4.22 เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล (Cold sweetening) (Assmus, 2005) ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับมันฝรั่งในแต่ละทรีตเมนต์ จะไม่มีความแตกต่างของปริมาณแป้งและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.21 ปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(Paper-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Paper-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.22 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

(Paper-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Paper-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่ไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-Control=ตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™, Bag-DMJ=มันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนต 10^{-4}M ที่บรรจุในถุง FRESHPAC™)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย มีน้ำหนักประมาณ 100-120 กรัมต่อหัว มีสมบัติทางกายภาพและเคมีเริ่มต้น ดังต่อไปนี้คือ ความแน่นเนื้อ 275.66 N, ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด 3.12 ppm, ปริมาณแป้ง 8.50% และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง 0.33% ตามลำดับ

การใช้เมทิลจัสโมเนตสามารถช่วยชะลอการงอกของมันฝรั่งได้ โดยศึกษาจากปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดในมันฝรั่ง ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกถึงการงอกของมันฝรั่ง โดยพบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ สามารถชะลอการงอกของมันฝรั่งได้ดีที่สุด (มีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดน้อยที่สุด) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้เมทิลจัสโมเนต และเมื่อพิจารณาถึงวิธีการใช้เมทิลจัสโมเนต พบว่า วิธีการจุ่มในเมิลจัสโมเนต เป็นเวลา 3 นาที จะมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงอื่นๆของมันฝรั่ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (33 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 60 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มันฝรั่งทุกทรีตเมนต์จะมีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ความแน่นเนื้อและปริมาณแป้งมีค่าลดลง ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งมีค่าเพิ่มขึ้น

การเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำ (2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) จะช่วยยับยั้งการงอกได้ โดยพบว่า มันฝรั่งจะไม่เกิดการงอกขึ้น ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 60 วัน นอกจากนี้ ยังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อของมันฝรั่ง รวมทั้งช่วยยับยั้งการเกิดไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดได้ดีกว่าการเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิห้อง (33 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส) อย่างไรก็ตาม มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) จะมีปริมาณแป้งลดลงและมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งอยู่สูง เนื่องจากแป้งจะสลายตัวไปเป็นน้ำตาล (Cold sweetening) ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อนำไปผลิตเป็นมันฝรั่งทอดได้

การบรรจุมันฝรั่งในถุง FRESHPAC™ ปิดผนึกด้วยความร้อน แล้วจึงบรรจุในกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน จะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อของมันฝรั่งได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในกล่องกระดาษ แต่ไม่

สามารถควบคุมการงอกและการเพิ่มขึ้นของปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดได้ โดยพบว่า มันฝรั่งที่บรรจุในถุง FRESHPAC™ จะเกิดการงอกขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน และมีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่ามันฝรั่งที่บรรจุในกล่องกระดาษ ส่วนปริมาณแป้งของมันฝรั่งทั้งที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ จะมีค่าลดลงและมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งสูงขึ้น (Cold sweetening)

ดังนั้น การเลือกใช้วิธีและความเข้มข้นของเมทิลจัสโมเนต อุณหภูมิการเก็บรักษา และฟิล์มพลาสติกที่เหมาะสม สามารถช่วยชะลอการงอกของมันฝรั่ง ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษามันฝรั่งให้นานขึ้นได้ ซึ่งจากงานวิจัย พบว่า การใช้เมทิลจัสโมเนตที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ โดยวิธีการจุ่ม เป็นเวลา 3 นาที บรรจุในกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 ± 2 องศาเซลเซียส) สามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่งได้ดีที่สุด (มีปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดน้อยที่สุด) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

การบรรจุมันฝรั่งในถุง FRESHPAC™ ทำให้มันฝรั่งเกิดการงอกขึ้น อาจเกิดเนื่องจากภายในถุงมีปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจแก้ไขโดยเจาะรูที่ถุง หรือปรับสภาพบรรยากาศภายในถุงตั้งแต่ตอนเริ่มทำการทดลอง เพื่อให้มีอัตราส่วนของก๊าซที่เหมาะสม หรืออาจเกิดเนื่องจากภายในถุง มีปริมาณความชื้นมากเกินไป ทำให้เกิดการงอกขึ้น จึงควรเจาะรูที่ถุง เพื่อให้อัตราการซึมผ่านของความชื้นดีขึ้น

ในการศึกษาวิจัยต่อไป อาจศึกษาถึงอัตราส่วนก๊าซในการปรับบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุเริ่มต้นที่เหมาะสม เพื่อช่วยยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง และอาจศึกษาถึงการขยายขนาดของภาชนะบรรจุที่ใช้ในการเก็บรักษาให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางในระดับการค้าได้ต่อไป นอกจากนั้น อาจศึกษาถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามันฝรั่ง ที่จะไม่ทำให้เกิด cold sweetening หรือ ให้เกิดน้อยที่สุด โดยอาจเลือกเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า ทั้งนี้ยังสามารถประหยัดพลังงานได้อีกด้วย (ในทางการค้าจะเก็บรักษามันฝรั่งที่ 2 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮาส์.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, สำนักงาน. 2547. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9002-2547) เรื่องสารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วชิรา พริ้งศุลกะ. 2525. การยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง (พันธุ์สปุนตา) โดยรังสีแกมม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรัญญา โชติช่วง. 2540. การผลิตมันฝรั่งทอดแบบก้อนแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, สำนัก. 2539. แนวทางพัฒนามันฝรั่งในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2540-2544). สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิชาการเกษตร, กรม. 2548. มันฝรั่ง [online]. ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. Available from: http://www.doa.go.th/data-agri/POTATO/1stat/st01.html [2005, April 9]

สายสนม ประดิษฐดวง. 2546. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร / คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: บทที่ 11 การฉายรังสีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 214-219

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน. 2545. การผลิตและการตลาดมันฝรั่ง [online]. ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. Available from: http://www.doa.go.th/data-agri/POTATO/1stat/st02.html [2005, April 9]

ภาษาอังกฤษ

Assmus, H.E. 2005. Modelling the Carbohydrate Metabolism in Potato Tuber Cells. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Oxford Brookes University for the award of the degree Doctor of Philosophy, Oxford Brookes University. 181 pp.

Cantwell, M.I., Kang, J., and Hong, G. 2003. Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. Postharvest Biology and Technology 30: 57-65.

Codex Alimentarius Commission. 2005. Report of the thirty-seventh session of the Codex Committee on Pesticide Residues. Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme. 121 pp.

Farmer, E.E., and Ryan, C.A. 1992. Octadecanoid precursors of jasmonic acid activate the synthesis of wound-inducible proteinase inhibitors. The Plant Cell (February) 4: 129-134.

Finlay, M., Dale, B., and Bradshaw, J.E. 2003. Progress in improving processing attributes in potato. Trends in Plant Science (July) 8: 310-312.

Friedman, M., and Dao, L. 1992. Distribution of glycoalkaloids in potato plants and commercial potato products. Journal of Agricultural Food Chemistry 40: 419-423.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Buta, J.G., and Wang, C.Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'. Postharvest Biology and Technology 28: 261-370.

Gosselin, B., and Mondy, N.I. 1989. Effect of packaging materials on the chemical composition of potatoes. Journal of Food Science 54: 629-631.

Haddadin, M.S.Y., Humeid, M.A., Qaroot, F.A., and Robinson, R.K. 2001. Effect of exposure to light on the solanine content of two varieties of potato (*Solanum tuberosum*) popular in Jordan. Food Chemistry 73: 205-208.

Kleinkopf, G.E., Oberg, N.A., and Olsen, N.L. 2003. Sprout inhibition in storage: Current status, new chemistries and natural compounds. American Journal of Potato Research (Sep/Oct) 80: 5 pp. Available from: http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa4069/is_200309/ai_n9259326 [2005, July 4]

Klessig, D.F., Durner, J., and Shah, Y. 1998. Phytochemical Signals and Plant Microbe Interactions [online]. Plenum Press, New York. p.119-137. Available from: http://bldg6.arsusda.gov/benlab/Soybean%20Defense%20Response/jasmonic acid_synthesis.htm [2006, February 8]

Lentza-Rizos, C., and Balokas, A. 2001. Residue levels of chlorpropham in individual tubers and composite samples of postharvest-treated potatoes. Journal of Agricultural Food Chemistry 49: 710-714.

Lulai, E.C., Orr, P.H., and Glynn, M.T. 1995. Natural suppression of sprouting in stored potatoes using jasmonates. U.S. Patent 5,436,226 issued 25 July 1995.

Lyon, G.D. 2005. Metabolic Pathways of the Diseased Potato [online]. Scottish Crop Research Institute. Available from: http://www.drastic.org.uk [2005, June 13]

Machado. R.M.D., Toledo. M.C.F., and Garcia. L.C. 2007. Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers. Food Control. 18: 503–508.

Malone, J.G., Mittova V., Ratcliffe, R.G., and Kruger, N.J. 2006. The Response of Carbohydrate Metabolism in Potato Tubers to Low Temperature. Plant and Cell Physiology Advance, UK. 36 pp.

Menendez, C.M., Ritter, E., Schafer-Pregl, R., Walkemeier, B., Kalde, A., Salamini, F., and Gebhardt, C. 2002. Cold sweetening in diploid potato: Mapping quantitative trait loci and candidate genes. Genetics (November) 162: 1423-1434.

Montgomery, D.C. 2001. Design and Analysis of Experiments. 5th ed. John Wiley&Sons, New York. 684 pp.

Nourian, F., Ramaswamy, H.S., and Kushalappa, A.C. 2003. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 36: 49-65.

Pantastico, E.R.B. 1975. Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. The AVI Publishing Company, Inc. 560 pp.

Plata, N., Konczak-Islam, I., Jayram, S., McClelland, K., Woolford, T., and Franks, P. 2003. Effect of methyl jasmonate and *p*-coumaric acid on anthocyanin composition in a sweet potato cell suspension culture. Biochemical Engineering. 14: 171–177.

Ranganna, S. 1977. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. Tata McGraw-Hill Publishers, New Delhi, India. 634 pp.

Rosenfeld, H.J., Sundell, H.A., Lea, P., and Ringstad, M. 1995. Influence of packaging materials and temperature on the glycoalkaloid content of potato tubers. Food Research International 28: 481-484.

Salunkhe, D.K., and Kadam, S.S. 1998. Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing. Marcel Dekker, Inc. 721 pp.

Sengul, M., Keles, F., and Keles, M.S. 2004. The effect of storage conditions (temperature, light, time) and variety on the glycoalkaloid content of potato tubers and sprouts. Food Control 15: 281-286.

Shetty, K.K., Kochan, W.J., and Dwelle, R.B. 1989. Use of heat-shrinkable plastic film to extend shelf life of 'Russet Burbank' potatoes. Horticutural Science 24: 643-646.

Smith, D.B., Roddick, J.G., and Jones, J.L. 1996. Potato glycoalkaloids: Some unanswered questions. Trends in Food Science and Technology (April) 7: 126-131.

Sonnewald, U. 2001. Control of potato tuber sprouting. Trends in Plant Science 6: 333-335.

Tiryaki, I. 2004. Hormone signaling pathways in plants: The role of jasmonic acid in plant cell signaling. Turkey Journal of Agriculture 28: 291-299.

Tudela, J.A., Espin, J.C., and Gil, M.I. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. Postharvest Biology and Technology 26: 75-84.

Walters, D., Cowley, T., and Mitchell, A. 2002. Methyl jasmonate alters polyamine metabolism and induces systemic protection against powdery midew infection in barley seedings. Journal of Experimental Botany 55: 747-756.

Wang, C.Y. 1998. Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes. Postharvest Biology and Technology 14: 179-183.

Wang, S.L., and Thomson, N.R. 1972. Determination of glycoalcaloid in potato *Solanum tuberosum* L. with a bisolvent extraction method. American Potato Journal. 49: 302-308.

Wong Yen Cheong, J.K.C. and Govinden, N. 2003. Quality of Potato During Storage at Three Temperatures. Mauritius Sugar Industry Research Institute. 4 pp.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ก.1 การวัดความแน่นเนื้อ

อุปกรณ์

เครื่อง LLYOD Food Texture Analyzer (Model TA 500, England) ใช้หัวกดทรงกระบอก (cylinder probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.00 มิลลิเมตร

วิธีทดลอง

1. เปิดเครื่อง analysis texture แล้วจึงเปิดคอมพิวเตอร์ เข้าโปรแกรม LrLrx console เพื่อเชื่อมต่อกับเครื่อง texture

2. เข้าโปรแกรม NEXYGEN Batch Document ตั้งค่า

Preload : 0.500 N

Speed : 100.0 mm/min

Area : About 4.00 mm Diameter

Stop at : Deflection of 10.0 mm

3. นำตัวอย่าง (มันฝรั่งทั้งผล) มาวางไว้ที่แท่นทดสอบของ analysis texture จากนั้นคลิกหัววัด ∧ ∨ ด้วย remote วางหัววัดให้ห่างจากตัวอย่างประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร แล้ว set zero ∅ จากนั้นกด start test เครื่องจะทำงานอัตโนมัติ

4. ดูผลการทดสอบที่ batch มีค่าเป็นตาราง

ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) = stress at maximum load (kgf/cm^2) x 9.807 N

5. วัดค่าความแน่นเนื้อ 3 ตำแหน่งต่อ 1 ตัวอย่าง และวัด 3 ตัวอย่างต่อ 1 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.2 การวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน headspace ของถุง FRESHPAC™

อุปกรณ์

เครื่อง Headspace Analyzer 6600 (Illinois Instrument, U.S.A.)

วิธีทดลอง

1. เปิดสวิตซ์เครื่อง และ warm up เครื่องอย่างน้อย 30 นาที
2. ก่อนทำการ calibrate ให้เช็คอุณหภูมิของเซ็นเซอร์ ให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 650 $\pm$ 0.5 องศาเซลเซียส จึงทำการ calibrate
3. กดปุ่ม config. ไปเรื่อยๆ จนขึ้นคำว่า $-O_2-$ จึงกดปุ่ม cal เพื่อทำการ calibrate หลังจากนั้น หน้าจอจะแสดงค่าเท่ากับ 20.9
4. จากนั้นวัดตัวอย่างที่ต้องการ โดยเสียบเข็มลงบนถุงตัวอย่างที่มี septa ติดอยู่ แล้วจึงกดปุ่ม analyze เครื่องจะอ่านค่าปริมาณก๊าซที่อยู่ภายในถุง
5. วัดค่าปริมาณก๊าซที่อยู่ภายในถุงตัวอย่าง 3 ถุง (ถุงละ 1 ครั้ง) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ภาพ ก.1 เครื่อง Headspace Analyzer 6600 (Illinois Instrument, U.S.A.)

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด

ตามวิธีของ Wang and Thomson, 1972

<u>อุปกรณ์</u>

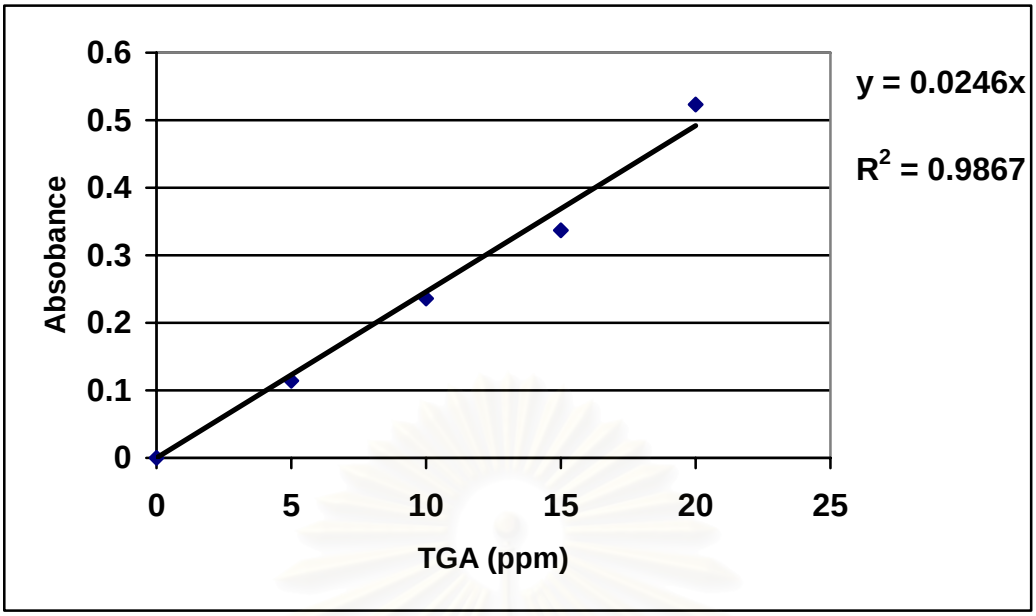
สเปกโตโฟโตมิเตอร์

<u>สารเคมี</u>

- สารละลายกรด acetic 5%
- กรด phosphoric 85%
- *p*-formaldehyde 40%
- สารละลายมาตรฐาน α-solanine from potato sprouts ~95% : ลักษณะปรากฏ เป็นผงสีขาว ปริมาณ 5 มิลลิกรัม นำมาละลายในสารละลาย pyridine 0.1 มิลลิลิตร จะได้เป็นของเหลวใส ไม่มีสี จากนั้นนำไปคำนวณสร้างกราฟมาตรฐานของ α-solanine

<u>วิธีทดลอง</u>

1. ปอกเปลือกมันฝรั่ง โดยใช้มีดฝานติดเนื้อมาไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 100 กรัม ผสมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บดผสมด้วยเครื่องบดอาหาร หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำส่วนที่กรองได้ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำส่วนใสที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์
2. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงไปในสารผสมของสารละลายกรด acetic 5% 1 มิลลิลิตร, กรด phosphoric 85% 3 มิลลิลิตร และสาร *p*-formaldehyde 40% 1 มิลลิลิตร
3. ตั้งทิ้งไว้ใน water bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาอ่านค่าปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของ α-solanine (เปรียบเทียบโดยให้ปริมาณ α-solanine เท่ากับปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมด) (ภาพ ข.1)



ภาพ ข.1 กราฟมาตรฐานของ α-solanine

ข.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง

โดยใช้วิธี Lane-Eynon method โดยดัดแปลงจากวิธีของ Ranganna, 1977

สารเคมี

- สารละลาย Fehling reagent (A) โดยละลาย copper sulphate ($CuSO_4.5H_2O$) 69.278 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4

- สารละลาย Fehling reagent (B) โดยละลาย potassium sodium tartrate $KNaC_4H_4O_6.4H_2O$ (Rochelle salt) 346 กรัม และ sodium hydroxide 100 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4

- สารละลาย neutral lead acetate 45%

- สารละลาย potassium oxalate 22%

- สารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 1 N

วิธีทดลอง

1. นำตัวอย่าง 50 กรัมที่บดผสมแล้ว ใส่ในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ต้มและคนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติมน้ำเดือดจนมีปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร เทใส่ volumetric flask ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 ปรับปริมาตรจนครบ 500 มิลลิลิตร

2. ปิเปตตัวอย่างที่ได้ 100 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายนิวทรัลอะซิเตด 2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเติมโปแทสเซียมออกซาเลต 2 มิลลิลิตร เพื่อกำจัด lead ส่วนที่เกินมา ปรับปริมาตรจนครบ 500 มิลลิลิตร และกรอง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง

3. Preliminary titration นำสารละลายที่กรองได้ใส่ในบิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย Fehling reagent มา 10 มิลลิลิตร (สารละลายผสมของ Fehling reagent (A) และ Fehling reagent (B) อย่างละ 25 มิลลิลิตร) ใส่ใน flask 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วเล็กๆ 2-3 เม็ด ต้มให้เดือดบนเตาบุนเซน ปล่อยให้เดือด 15 วินาที ไตเตรตกับสารละลายตัวอย่างจนสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลายเมทิลีนบลู ไตเตรตจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายที่ใช้ ถ้าปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้อยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร ต้องทำใหม่อีก 2 ครั้ง เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แน่นอน แต่ถ้าปริมาตรของสารที่ใช้น้อยกว่า 15 มิลลิลิตร ต้องทำให้สารละลายเจือจาง แล้วจึงไตเตรตใหม่

4. Accurate titration ปิเปตสารละลาย Fehling reagent มา 10 มิลลิลิตร (สารละลายผสมของ Fehling reagent (A) และ Fehling reagent (B) อย่างละ 25 มิลลิลิตร) ใส่ใน flask 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วเล็กๆ 2-3 เม็ด เติมสารละลายน้ำตาลจากบิวเรตลงไปทันที ใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ในการไตเตรตครั้งแรก 1-2 มิลลิลิตร ปล่อยให้เดือด 2 นาที หยดสารละลายเมทิลีนบลู ไตเตรตต่อใช้อัตราเร็ว 0.25 มิลลิลิตรต่อวินาที (2-3 หยดใน 5-10 วินาที) ภายในเวลา 3 นาทีตั้งแต่เริ่มเดือดจนสีฟ้าหายไปหมด ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ เทียบหาปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่าง โดยใช้ตาราง ข.1 คำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง

$$\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (\%)} = \frac{\text{g of invert sugar} \times \text{dilution} \times 100}{\text{titre} \times \text{wt of sample}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.1 Factors ของสารละลาย Fehling reagent

Titre ml	Invert sugar (no sucrose) mg	Titre ml	Invert sugar (no sucrose) mg
15	50.5	33	51.7
16	50.6	34	51.7
17	50.7	35	51.8
18	50.8	36	51.8
19	50.8	37	51.9
20	50.9	38	51.9
21	51.0	39	52.0
22	51.0	40	52.0
23	51.1	41	52.1
24	51.2	42	52.1
25	51.2	43	52.2
26	51.3	44	52.2
27	51.4	45	52.3
28	51.4	46	52.3
29	51.5	47	52.4
30	51.5	48	52.4
31	51.6	49	52.5
32	51.6	50	52.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณแป้ง

ตามวิธีของ Ranganna, 1977

<u>สารเคมี</u>

- alcohol 95%
- กรด hydrochloric (conc.)
- กรด sulfuric (conc.)
- สารละลาย α-naphthol โดยละลาย α-naphthol 1 กรัมในแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร

<u>วิธีทดลอง</u>

1. นำตัวอย่าง 50 กรัมที่บดผสมแล้ว ไปต้มใน water bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จนได้สารละลายแป้งออกมา

2. เติมแอลกอฮอล์ 95% 100 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงตกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 และล้างตะกอนที่ได้ด้วยแอลกอฮอล์ 50% จนผ่านการตรวจสอบว่าไม่มีน้ำตาล*

(* การตรวจสอบน้ำตาล : นำส่วนที่กรองได้จากการล้างตะกอนใส่ในหลอดทดลอง แล้วหยดสารละลาย α-naphthol 2 หยด และกรดซัลฟูริก 1 มิลลิลิตร ถ้ามีน้ำตาล จะเกิดวงแหวนสีแดงขึ้น 2 ชั้นที่ด้านบนของหลอด)

3. นำตะกอนที่ได้ใส่ใน volumetric flask 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้นทำให้เย็น

4. ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง โดยใช้วิธี Lane-Eynon method (ภาคผนวก ข.2) คำนวณหาปริมาณแป้ง

ปริมาณแป้ง (%) = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (%) x 0.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ค.1 รายละเอียดเกี่ยวกับเมทิลจัสโมเนต (methyl jasmonate)

ชื่อผลิตภัณฑ์ : Methyl jasmonate 95%

ผู้ผลิต : Sigma-Aldrich

สูตรโมเลกุล : $C_{13}H_{20}O_3$

มวลโมเลกุล : 224.30

ลักษณะปรากฏ : ของเหลวใส มีกลิ่นหอม

Typical product data : Flap > 100

d = 1.030

Store at RT

ค.2 รายละเอียดเกี่ยวกับสารละลายมาตรฐาน α-solanine

ชื่อผลิตภัณฑ์ : สารละลายมาตรฐาน α-solanine from potato sprouts ~95%

ผู้ผลิต : Sigma-Aldrich

สูตรโมเลกุล : $C_{45}H_{70}NO_{15}$

มวลโมเลกุล : 868.06

ลักษณะปรากฏ : ผงสีขาว

ความสามารถในการละลาย : นำสารละลายมาตรฐาน α-solanine ปริมาณ 5 มิลลิกรัม มาละลายในสารละลาย pyridine 0.1 มิลลิลิตร จะได้เป็นของเหลวใส ไม่มีสี

ค.3 รายละเอียดเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ FRESHPAC™

ชื่อผลิตภัณฑ์ : FRESHPAC™

ผู้ผลิต : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้อมูล : เป็นบรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟ (Active Packaging) เพื่อยืดอายุผักและผลไม้สด หนึ่งในผลิตภัณฑ์จากงานวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีวัสดุ โครงการวิจัยและพัฒนาระหว่าง MTEC มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และภาคอุตสาหกรรม

ขนาด : 20x27.5 cm

Thickness : 31.8 µm

O_2 transmission rate : 11.66 $cc/cm^2 day$

CO_2 transmission rate : 27.97 $cc/cm^2 day$

ภาพ ค.1 บรรจุภัณฑ์ FRESHPAC™

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ตาราง ง.1 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Weight loss				
	Control	MJ 10^{-5} M		MJ 10^{-4} M	
		Vaporized	Dipped	Vaporized	Dipped
0	0^{k}	0^{k}	0^{k}	0^{k}	0^{k}
15	6.45 ± 0.70^{j}	5.41 ± 0.49^{j}	5.27 ± 0.32^{j}	5.50 ± 0.74^{j}	5.99 ± 0.13^{j}
30	12.53 ± 0.95^{gh}	10.42 ± 0.98^{hi}	9.21 ± 0.98^{i}	12.18 ± 0.91^{gh}	12.39 ± 0.69^{gh}
45	23.61 ± 1.51^{ab}	18.43 ± 2.04^{de}	20.78 ± 1.07^{cd}	16.44 ± 1.07^{ef}	14.69 ± 1.79^{fg}
60	25.40 ± 0.13^{a}	15.87 ± 1.42^{f}	20.62 ± 1.46^{cd}	21.74 ± 1.56^{bc}	20.81 ± 1.46^{cd}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.2 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	Firmness (N)				
	Control	MJ 10^{-5} M		MJ 10^{-4} M	
		Vaporized	Dipped	Vaporized	Dipped
0	275.66 ± 7.11^{a}	275.66 ± 7.11^{a}	275.66 ± 7.11^{a}	275.66 ± 7.11^{a}	275.66 ± 7.11^{a}
15	185.77 ± 7.19^{de}	240.04 ± 11.87^{b}	254.77 ± 7.64^{b}	244.37 ± 13.70^{b}	235.67 ± 10.63^{b}
30	154.59 ± 8.34^{fg}	195.02 ± 8.63^{cd}	214.45 ± 10.76^{c}	186.33 ± 10.40^{de}	204.18 ± 8.29^{cd}
45	111.55 ± 14.13^{i}	144.95 ± 7.47^{gh}	164.48 ± 11.55^{fg}	170.59 ± 8.78^{ef}	164.63 ± 7.15^{fg}
60	79.25 ± 1.55^{j}	120.81 ± 8.34^{i}	118.86 ± 10.63^{i}	111.30 ± 9.50^{i}	125.82 ± 6.60^{hi}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.3 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Sprouting				
	Control	MJ 10^{-5} M		MJ 10^{-4} M	
		Vaporized	Dipped	Vaporized	Dipped
0	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}
15	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}
30	0.029 ± 0.003^{ef}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}
45	0.196 ± 0.005^{b}	0.027 ± 0.006^{f}	0.030 ± 0.002^{ef}	0.025 ± 0.004^{f}	0.019 ± 0.001^{f}
60	0.337 ± 0.032^{a}	0.171 ± 0.004^{c}	0.148 ± 0.009^{d}	0.046 ± 0.005^{e}	0.027 ± 0.003^{f}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	Total glycoalkaloid (ppm)				
	Control	MJ 10^{-5} M		MJ 10^{-4} M	
		Vaporized	Dipped	Vaporized	Dipped
0	3.12 ± 0.07^{n}	3.12 ± 0.07^{n}	3.12 ± 0.07^{n}	3.12 ± 0.07^{n}	3.12 ± 0.07^{n}
15	4.78 ± 0.14^{ij}	4.26 ± 0.09^{kl}	4.15 ± 0.10^{kl}	3.56 ± 0.14^{mn}	3.82 ± 0.08^{lm}
30	5.55 ± 0.26^{g}	5.19 ± 0.10^{ghi}	4.90 ± 0.66^{hij}	4.42 ± 0.04^{jk}	4.15 ± 0.41^{kl}
45	11.92 ± 0.19^{b}	6.65 ± 0.11^{f}	6.22 ± 0.13^{f}	6.19 ± 0.08^{f}	5.38 ± 0.17^{gh}
60	15.66 ± 0.30^{a}	9.50 ± 0.18^{c}	8.96 ± 0.08^{d}	7.71 ± 0.26^{e}	6.51 ± 0.13^{f}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Starch				
	Control	MJ 10^{-5} M		MJ 10^{-4} M	
		Vaporized	Dipped	Vaporized	Dipped
0	8.50 ± 0.10^{b}	8.50 ± 0.10^{b}	8.50 ± 0.10^{b}	8.50 ± 0.10^{b}	8.50 ± 0.10^{b}
15	8.72 ± 0.11^{a}	7.91 ± 0.08^{d}	7.16 ± 0.11^{jk}	8.21 ± 0.05^{c}	7.64 ± 0.04^{efg}
30	7.52 ± 0.04^{fgh}	7.56 ± 0.03^{fgh}	7.24 ± 0.08^{ij}	7.73 ± 0.06^{cde}	7.58 ± 0.02^{efgh}
45	7.10 ± 0.12^{jk}	7.38 ± 0.06^{hi}	7.13 ± 0.05^{jk}	7.79 ± 0.17^{de}	7.60 ± 0.19^{efgh}
60	6.98 ± 0.13^{k}	7.02 ± 0.06^{jk}	7.05 ± 0.08^{jk}	7.44 ± 0.02^{hgi}	7.53 ± 0.13^{fgh}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มและรมด้วยไอของเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} และ10^{-5} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Reducing sugar				
	Control	MJ 10^{-5} M		MJ 10^{-4} M	
		Vaporized	Dipped	Vaporized	Dipped
0	0.33 ± 0.01^{gh}	0.33 ± 0.01^{gh}	0.33 ± 0.01^{gh}	0.33 ± 0.01^{gh}	0.33 ± 0.01^{gh}
15	0.36 ± 0.01^{fgh}	0.38 ± 0.01^{fgh}	0.40 ± 0.02^{fgh}	0.35 ± 0.0^{fgh}	0.30 ± 0.01^{h}
30	0.33 ± 0.01^{gh}	0.54 ± 0.07^{def}	0.50 ± 0.08^{efg}	0.48 ± 0.06^{efgh}	0.38 ± 0.03^{fgh}
45	0.75 ± 0.06^{abc}	0.50 ± 0.13^{efg}	0.65 ± 0.09^{bcde}	0.51 ± 0.12^{efg}	0.60 ± 0.12^{cde}
60	0.68 ± 0.12^{bcde}	0.80 ± 0.13^{ab}	0.73 ± 0.12^{abcd}	0.92 ± 0.13^{a}	0.77 ± 0.11^{abc}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.7 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Weight loss			
	RT		2°C	
	Control	MJ	Control	MJ
0	0^{h}	0^{h}	0^{h}	0^{h}
15	5.95 ± 0.10^{ef}	5.78 ± 0.50^{ef}	2.88 ± 0.05^{g}	3.29 ± 0.80^{fg}
30	11.90 ± 0.52^{d}	13.22 ± 0.88^{d}	5.78 ± 0.01^{ef}	4.72 ± 0.06^{efg}
45	20.56 ± 2.76^{b}	16.33 ± 2.38^{c}	6.80 ± 0.31^{e}	6.52 ± 0.06^{e}
60	23.25 ± 1.99^{a}	22.13 ± 1.83^{ab}	6.51 ± 1.03^{e}	6.53 ± 0.80^{e}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.8 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	Firmness (N)			
	RT		2°C	
	Control	MJ	Control	MJ
0	280.30 ± 7.94^{a}	280.30 ± 7.94^{a}	280.30 ± 7.94^{a}	280.30 ± 7.94^{a}
15	183.46 ± 9.86^{e}	243.32 ± 6.19^{c}	284.41 ± 13.10^{a}	273.72 ± 7.42^{ab}
30	154.92 ± 6.44^{f}	211.74 ± 6.26^{d}	260.24 ± 12.59^{bc}	278.72 ± 10.83^{ab}
45	107.69 ± 10.01^{h}	139.80 ± 12.12^{fg}	221.53 ± 7.16^{d}	251.74 ± 6.22^{c}
60	83.39 ± 1.41^{i}	128.25 ± 8.15^{g}	204.76 ± 6.22^{d}	215.84 ± 9.01^{d}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.9 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Sprouting			
	RT		2°C	
	Control	MJ	Control	MJ
0	0^{e}	0^{e}	0^{e}	0^{e}
15	0^{e}	0^{e}	0^{e}	0^{e}
30	0.026 ± 0.001^{c}	0^{e}	0^{e}	0^{e}
45	0.184 ± 0.001^{b}	0.021 ± 0.001^{d}	0^{e}	0^{e}
60	0.305 ± 0.005^{a}	0.027 ± 0.003^{c}	0^{e}	0^{e}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	Total glycoalkaloid (ppm)			
	RT		2°C	
	Control	MJ	Control	MJ
0	3.59 ± 0.08^{gh}	3.59 ± 0.08^{gh}	3.59 ± 0.08^{gh}	3.59 ± 0.08^{gh}
15	3.82 ± 0.20^{efgh}	3.77 ± 0.15^{efgh}	3.61 ± 0.02^{gh}	3.29 ± 0.05^{h}
30	5.58 ± 0.52^{d}	4.18 ± 0.25^{efg}	4.41 ± 0.14^{ef}	3.66 ± 0.29^{fgh}
45	10.07 ± 0.71^{b}	5.79 ± 0.25^{d}	4.22 ± 0.16^{efg}	3.70 ± 0.36^{fgh}
60	16.69 ± 0.37^{a}	6.65 ± 0.46^{c}	4.49 ± 0.36^{e}	3.72 ± 0.05^{fgh}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Starch			
	RT		2°C	
	Control	MJ	Control	MJ
0	8.50 ± 0.10^{a}	8.50 ± 0.10^{a}	8.50 ± 0.10^{a}	8.50 ± 0.10^{a}
15	8.43 ± 0.09^{a}	7.86 ± 0.12^{b}	4.25 ± 0.13^{hi}	5.26 ± 0.11^{f}
30	7.59 ± 0.10^{c}	7.55 ± 0.06^{c}	4.38 ± 0.01^{h}	4.81 ± 0.03^{g}
45	7.50 ± 0.16^{c}	7.37 ± 0.09^{cd}	4.12 ± 0.06^{i}	4.25 ± 0.09^{hi}
60	7.03 ± 0.13^{e}	7.21 ± 0.13^{ed}	3.78 ± 0.16^{j}	4.06 ± 0.07^{i}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Reducing sugar			
	RT		2°C	
	Control	MJ	Control	MJ
0	0.33 ± 0.01^{g}	0.33 ± 0.01^{g}	0.33 ± 0.01^{g}	0.33 ± 0.01^{g}
15	0.38 ± 0.10^{g}	0.32 ± 0.06^{g}	1.95 ± 0.08^{cd}	1.84 ± 0.11^{d}
30	0.42 ± 0.10^{fg}	0.34 ± 0.08^{g}	2.58 ± 0.18^{a}	2.16 ± 0.05^{bc}
45	0.53 ± 0.06^{efg}	0.61 ± 0.11^{ef}	2.59 ± 0.05^{a}	2.28 ± 0.01^{b}
60	0.67 ± 0.16^{e}	0.62 ± 0.18^{g}	2.74 ± 0.13^{a}	2.61 ± 0.11^{a}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในถุง FRESHPAC™ ของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	O2 (%)		CO2 (%)	
	Control	MJ	Control	MJ
0	19.70 ± 0.42^{a}	19.85 ± 0.92^{a}	0.80 ± 0.14^{C}	0.75 ± 0.07^{C}
15	15.05 ± 0.64^{c}	17.15 ± 0.35^{b}	2.30 ± 0.57^{B}	1.80 ± 0.85^{BC}
30	5.50 ± 0.42^{de}	6.30 ± 0.85^{d}	4.30 ± 0.42^{A}	4.25 ± 0.35^{A}
45	5.00 ± 0.28^{de}	5.60 ± 0.57^{de}	4.50 ± 0.85^{A}	4.35 ± 0.64^{A}
60	4.55 ± 0.78^{e}	4.35 ± 0.78^{e}	5.00 ± 0.71^{A}	4.80 ± 0.99^{A}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษรกำกับ A,B,C,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.14 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Weight loss			
	Paper		Bag	
	Control	MJ	Control	MJ
0	0^{e}	0^{e}	0^{e}	0^{e}
15	2.88 ± 0.05^{d}	3.29 ± 0.80^{d}	0.37 ± 0.03^{e}	0.32 ± 0.04^{e}
30	5.78 ± 0.01^{b}	4.72 ± 0.06^{c}	0.96 ± 0.03^{e}	0.94 ± 0.01^{e}
45	6.80 ± 0.31^{a}	6.52 ± 0.66^{ab}	0.91 ± 0.05^{e}	0.93 ± 0.01^{e}
60	6.51 ± 1.03^{ab}	6.53 ± 0.80^{ab}	0.90 ± 0.01^{e}	0.94 ± 0.02^{e}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.15 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	Firmness (N)			
	Paper		Bag	
	Control	MJ	Control	MJ
0	280.30 ± 7.94^{ab}	280.30 ± 7.94^{ab}	280.30 ± 7.94^{ab}	280.30 ± 7.94^{ab}
15	284.41 ± 13.10^{a}	273.72 ± 7.42^{abc}	273.08 ± 5.52^{abcd}	278.10 ± 2.67^{abc}
30	260.24 ± 12.59^{cde}	278.72 ± 10.83^{abc}	270.12 ± 6.78^{abcde}	275.75 ± 6.53^{abc}
45	221.53 ± 7.16^{f}	251.74 ± 6.22^{e}	269.22 ± 10.94^{abcde}	269.41 ± 2.86^{abcde}
60	204.76 ± 6.22^{f}	215.84 ± 9.01^{f}	254.03 ± 8.32^{de}	263.78 ± 6.84^{bcde}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไกลโคอัลคาลอยด์ทั้งหมดของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	Total glycoalkaloid (ppm)			
	Paper		Bag	
	Control	MJ	Control	MJ
0	3.59 ± 0.08^{fgh}	3.59 ± 0.08^{fgh}	3.59 ± 0.08^{fgh}	3.59 ± 0.08^{fgh}
15	3.61 ± 0.02^{fgh}	3.29 ± 0.05^{h}	3.54 ± 0.07^{gh}	3.57 ± 0.08^{gh}
30	4.41 ± 0.14^{bcd}	3.66 ± 0.29^{fgh}	4.02 ± 0.17^{def}	3.83 ± 0.11^{efg}
45	4.22 ± 0.16^{cde}	3.70 ± 0.36^{fgh}	4.39 ± 0.21^{bcd}	3.92 ± 0.10^{efg}
60	4.49 ± 0.36^{bc}	3.72 ± 0.05^{fgh}	5.17 ± 0.20^{a}	4.70 ± 0.24^{b}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Starch			
	Paper		Bag	
	Control	MJ	Control	MJ
0	8.50 ± 0.10^{a}	8.50 ± 0.10^{a}	8.50 ± 0.10^{a}	8.50 ± 0.10^{a}
15	4.25 ± 0.13^{def}	5.26 ± 0.11^{b}	5.37 ± 0.08^{b}	5.31 ± 0.10^{b}
30	4.38 ± 0.01^{d}	4.81 ± 0.03^{c}	4.27 ± 0.03^{def}	4.28 ± 0.06^{def}
45	4.12 ± 0.06^{fg}	4.25 ± 0.09^{def}	4.35 ± 0.13^{de}	4.02 ± 0.06^{g}
60	3.78 ± 0.16^{h}	4.06 ± 0.07^{fg}	4.11 ± 0.11^{fg}	4.15 ± 0.10^{efg}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ง.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งของมันฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในเมทิลจัสโมเนต ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ และตัวอย่างควบคุม ที่บรรจุและไม่บรรจุในถุง FRESHPAC™ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

Duration of Storage (Days)	% Reducing sugar			
	Paper		Bag	
	Control	MJ	Control	MJ
0	0.33 ± 0.01^{g}	0.33 ± 0.01^{g}	0.33 ± 0.01^{g}	0.33 ± 0.01^{g}
15	1.95 ± 0.08^{ef}	1.84 ± 0.11^{f}	1.73 ± 0.08^{f}	1.89 ± 0.18^{ef}
30	2.58 ± 0.18^{abc}	2.16 ± 0.05^{de}	2.75 ± 0.04^{a}	2.57 ± 0.01^{abc}
45	2.59 ± 0.05^{abc}	2.28 ± 0.01^{cd}	2.38 ± 0.35^{bcd}	2.41 ± 0.10^{bcd}
60	2.74 ± 0.13^{a}	2.61 ± 0.11^{ab}	2.65 ± 0.19^{ab}	2.59 ± 0.15^{abc}

*ตัวอักษรกำกับ a,b,c,... ต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพรรษพร พิพัฒนามงคล เกิดวันที่ 8 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ ในปี พ.ศ. 2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย