15761

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การยับยั้งการงอกของมันฝรั่งโดยการฉายรังสี เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว

(Sprout inhibition of potatoes by Irradiation for snack food industrial)

T096499

นายเกรียงไกร พรมมา
นายอัศวิน จตุรงค์พลาธิปัต

ปพ.
ก1767ก
2541
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...96499.....
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1888

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การยับยั้งการงอกของมันฝรั่งโดยการฉายรังสี
เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว
(Sprout inhibition of potatoes by Irradiation for snack food industrial)

โดย

นายเกรียงไกร พรมมา รหัสประจำตัว 40042070
นายอัศวิน จตุรงค์พลาธิปัต รหัสประจำตัว 40042098

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ประมวล ศรีกานคง 22/03/42 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**
(ประมวล ศรีกานคง)

15761
- 4 มิ.ย. 2542

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 1 **เดือน** มี.ค. **พ.ศ.** 42

ปพ.
ก 76ศก
2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกรียงไกร พรมมา และอัศวิน จตุรงค์พลาธิปัต 2541-2542 การยับยั้งการงอกของมันฝรั่งโดยการฉายรังสีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว (Sprout inhibition of potatoes by Irradiation for snack food industrial) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประมวล ศรีกาหลง

บทคัดย่อ

การศึกษามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีที่ 80 และ 150 เกรย์ และมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี แล้วนำมันฝรั่งมาทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 - 15 องศาเซลเซียส , ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 จากนั้นทำการตรวจสอบทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 5 เดือน

จากการตรวจสอบลักษณะปรากฏภายนอก , การสูญเสียน้ำหนัก และการงอกของมันฝรั่ง พบว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีที่ 80 และ 150 เกรย์ มีลักษณะปรากฏภายนอกที่ใกล้เคียงกับมันฝรั่งสด และมีการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี และไม่เกิดการงอก แต่มันฝรั่งไม่ผ่านการฉายรังสีมีลักษณะปรากฏภายนอกที่เหี่ยวย่น , มีการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่า และจะมีการงอกของมันฝรั่งซึ่งจะงอกทั้งหมดภายใน 2 เดือน ส่วนการตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ , ค่าสีภายหลังการทอด พบว่า มันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีที่ 80 และ 150 เกรย์ ในช่วงสามเดือนครึ่งจะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเทียบกับมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ จะมีลักษณะที่มีสีคล้ำจึงมีผลให้การยอมรับของผู้บริโภคในด้านประสาทสัมผัสที่ลดลงตามไปด้วย แต่มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า ทำให้ผู้บริโภคมีการยอมรับที่มากกว่า แต่หลังจากสามเดือนครึ่ง พบว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีที่ 80 และ 150 เกรย์ จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จึงทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ดีกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จึงทำให้การยอมรับของผู้บริโภคในด้านประสาทสัมผัสมากกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

ลายมือชื่อนักศึกษา	(อาจารย์ประมวล ศรีกาหลง) ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี
อัศวิน	ประมวล	22/03/42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ประมวล ศรีกาหลง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและระจิตร จุธากรณ์ ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำแนะนำ และทำการตรวจสอบแก้ไข ปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอบกราบขอบพระคุณ อ. ยุทธพงษ์ ประชาสิทธิศักดิ์ จากกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำนักงานพลังงานปรมณูเพื่อสันติ บางเขน กรุงเทพฯ ที่ให้คำชี้แนะและให้ความช่วยเหลือในการฉายรังสีมันฝรั่ง

ขอบกราบขอบพระคุณบริษัทเอกชนทำมันฝรั่งแผ่นทอด ที่ให้ความอนุเคราะห์มันฝรั่งและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ทุกท่านที่ให้คำแนะนำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้

ขอขอบคุณนักศึกษาภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร ทุกคนที่กรุณาสละเวลาในการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ขอบกราบขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการและห้องปฏิบัติการ ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในระหว่างการปฏิบัติงาน

ขอบกราบขอบพระคุณ บิดาและ มารดา ที่กรุณาให้โอกาสแก่ผู้จัดทำได้มีปัญหาพิเศษและปริญญานี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปัญหาพิเศษฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เกรียงไกร พรมมา

อัศวิน จตุรงค์พลาธิปัต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎี	2
2.1 การเก็บรักษามันฝรั่ง	3
2.2 ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่ง	4
2.3 การฉายรังสีอาหาร	12
2.4 กลไกการเกิดปฏิกริยาในอาหารเนื่องจากการฉายรังสี	13
2.5 ปริมาณพลังงานที่สารดูดซับไว้	16
2.6 เครื่องรังสีอาหาร	16
2.7 ผลของการใช้รังสีกับอาหาร	17
2.8 ผลของรังสีต่อคุณค่าทางอาหารของมันฝรั่ง	18
2.9 ความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี	18
2.10 การตรวจสอบอาหารที่ผ่านการฉายรังสี	19
2.11 ความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี	20
2.12 อิทธิพลของการฉายรังสี	22
2.13 ขั้นตอนของการฉายรังสี	23
2.14 อัตราค่าบริการ	23
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	25
3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง	25
3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	26
4. ผลการทดลอง	27
- ตรวจตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอก	27
- ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
- ตรวจสอบการเกิดตำหนิ	29
- ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งสด	30
- ตรวจสอบค่าสีภายหลังการทอด	31
- ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งสด	35
- ตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอด	36
5. วิจารณ์ผลการทดลอง	46
- เปอร์เซ็นต์การงอก	46
- ความถ่วงจำเพาะ	46
- เปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิ	46
- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งสด	47
- ค่าสีภายหลังการทอดของมันฝรั่งแผ่นทอด	47
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งสด	48
- ทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอด	48
6. สรุปผลการทดลอง	49
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก (ก)	53
ภาคผนวก (ข)	54
ภาคผนวก (ค)	55
ภาคผนวก (ง)	56
ภาคผนวก (จ)	58
ภาคผนวก (ฉ)	59
ประวัติผู้เขียน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	แสดงคุณค่าทางอาหารของมันฝรั่งต่อน้ำหนัก 100 กรัม	3
2.	แสดงปริมาณ Monocarbonyl compound identified in potato chips	10
3.	อาหารฉายรังสีที่อนุญาตให้บริโภคได้	19
4.	อัตราค่าบริการฉายรังสี	23
5.	อัตราค่าธรรมเนียม Dosimeter	24
6.	อัตราค่าธรรมเนียมในการเก็บรักษาสินค้า	24
7.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 0	37
8.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 2	38
9.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 4	39
10.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 6	40
11.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 8	41
12.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 10	42
13.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 12	42
14.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 14	43
15.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 16	44
16.	แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 18	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	แสดงเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	27
2.	แสดงเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก	28
3.	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	29
4.	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	29
5.	แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	30
6.	แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิของมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	30
7.	แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	31
8.	แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	31
9.	แสดงค่า L ของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	32
10.	แสดงค่า L ของมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	32
11.	แสดงค่า a ของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	33
12.	แสดงค่า a ของมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	33
13.	แสดงค่า b ของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	34
14.	แสดงค่า b ของมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	34
15.	แสดงค่า ΔE ของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	35
16.	แสดงค่า ΔE ของมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	35
17.	แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค	36
18.	แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในมันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติก	36
19.	แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ไม่ผ่านการฉายรังสี	59
20.	แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสี ที่ 80 เกรย์	60
21.	แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสี ที่ 150 เกรย์	60
22.	แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ไม่ผ่านการฉายรังสี	61
23.	แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ผ่านการฉายรังสี ที่ 80 เกรย์	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24.	แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ผ่านการฉายรังสี ที่ 150 เกรย์	62
25.	แสดงลักษณะของเครื่องฉายรังสีและห้องฉายรังสี	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

มันฝรั่งเป็นอาหารหลักชนิดหนึ่งของประชาชนในแถบทวีปยุโรป และอเมริกา ในประเทศไทยใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร เช่น ใส่ในแกงมัสมั่น เป็นต้น ในปัจจุบันประเทศไทยมีการเพาะปลูกมันฝรั่งได้มาก ทั้งในที่ราบและบนดอย จึงเป็นสาเหตุทำให้มันฝรั่งล้นตลาดในฤดูกาลเก็บเกี่ยว ทำให้มีราคาต่ำ และเกษตรกร จำเป็นที่ต้องทำการจำหน่ายทันที เพราะว่าเกษตรกรไม่มีวิธีการที่เก็บรักษาที่ดีพอ ซึ่งมันฝรั่งเก็บไว้นานๆ จะเกิดการงอกและการเน่าเสียได้ง่าย

ในด้านอุตสาหกรรมทำมันฝรั่งทอด (Potato Chips) จะเกิดปัญหาในการเก็บรักษามันฝรั่ง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบป้อนโรงงาน เพราะว่ามันฝรั่งจะงอกและเน่าเสียอย่างรวดเร็วถึงแม้เก็บในห้องเย็น ดังนั้นการศึกษาการใช้รังสีในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่งและศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาและภายหลังการทอด จะเป็นการช่วยแก้ปัญหาด้านอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารที่ใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบ ให้สามารถเก็บรักษามันฝรั่งไว้ได้นานขึ้น เพื่อจะได้มีวัตถุดิบป้อนโรงงานตลอดปี และยังเป็นการช่วยเกษตรกรยืดอายุการเก็บรักษาได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระหว่างการเก็บรักษา
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อมันฝรั่งฉายรังสีที่ผ่านการแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

มันฝรั่งมีถิ่นกำเนิดทางแถบที่ราบสูงของเทือกเขาแอนดีสในอเมริกาใต้ บริเวณประเทศเปรู ซึ่งมีการปลูกมันฝรั่ง และนำมาบริโภคเป็นอาหารหลัก เป็นเวลาช้านานแล้ว มันฝรั่งได้มีบทบาทต่อชาวตะวันตก ในศตวรรษที่ 18 โดยใช้เป็นอาหารหลักในประเทศไอร์แลนด์ จึงมีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Irich Potato และได้แพร่หลายไปยังประเทศในยุโรปอื่นๆ รวมทั้งอเมริกาเหนือ อัฟริกา และเอเชีย

สำหรับประเทศไทยไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่า นำเข้ามาในปีพุทธศักราชใด แต่ชาวเขาและชาวจีนฮ่ออพยพ ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณภูเขาทางภาคเหนือรู้จักปลูกมันฝรั่งกันมาเป็นเวลานาน และเรียกมันฝรั่งว่า "อาลู" สันนิษฐานว่า พันธุ์มันฝรั่งที่ชาวเขาหรือชาวจีนฮ่อ นำมาปลูก อาจเป็นพันธุ์ที่ปลูกกันในอินเดีย ซึ่งถูกนำเข้ามาโดยชาวอังกฤษ และแพร่ขยายมายังประเทศพม่า ปัจจุบันพันธุ์อาลูสูญพันธุ์ไปแล้ว เนื่องจากคุณภาพและผลผลิตต่ำ เกษตรกรจึงหันมาปลูกพันธุ์มันฝรั่งที่มาจาก ต่างประเทศกันหมด

มันฝรั่งเป็นพืชที่ชอบอากาศหนาว ฉะนั้นการปลูกมันฝรั่งในไทยนั้นจะปลูกกันในทางภาคเหนือของไทย ซึ่งมีแหล่งปลูกที่สำคัญเช่น จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากการรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตรปี 2533 การผลิตมันฝรั่ง ระหว่างปี 2525 – 2531 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตมันฝรั่งของจังหวัดเชียงใหม่ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี คิดเป็นร้อยละ 18 และร้อยละ 10 ตามลำดับ โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกมันฝรั่งพันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปมีการขยายตัวขึ้นมาก

มันฝรั่งเป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญที่ปลูกในภาคเหนือ เนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงกว่าพืชหลักที่เป็นอาหารชนิดอื่นๆ เช่น ข้าว , ข้าวสาลี , ข้าวโพด , มันเทศ และมันสำปะหลัง เป็นต้น นอกจากนั้น ยังเป็นพืชที่ให้คุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต , โปรตีน , แร่ธาตุ และวิตามินอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางอาหารของมันฝรั่งต่อน้ำหนัก 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ (%)
พลังงาน	3
โปรตีน	8
เหล็ก	10
วิตามิน B_1	10
วิตามิน C	20 - 50

ที่มา : Potato Improvement , IAC , Netherlands

2.1 การเก็บรักษามันฝรั่ง

ในระหว่างทำการเก็บรักษามันฝรั่งหรือรอเข้าสู่กระบวนการผลิตนั้นพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับมันฝรั่งมากมาย เช่น เกิดการงอก , การเน่าเสีย และที่สำคัญคือการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการหรือสารอาหาร เช่น

- การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของมันฝรั่งในระหว่างทำการเก็บรักษา

1. น้ำตาล จะมีการเพิ่มของปริมาณน้ำตาลเมื่อทำการเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำๆ ซึ่งการเกิดน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษานั้นพบว่า เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ Phosphorylase โดยจะทำการเปลี่ยนแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล ซึ่งปริมาณของน้ำตาลที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำๆ จะขึ้นอยู่กับ ความแก่อ่อน ของหัวมัน การปฏิบัติก่อนการเก็บรักษา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 1.1 – 2.2 °C ปริมาณของน้ำตาลจะมีการเพิ่มในปริมาณที่มากขึ้น

ในการเก็บรักษามันฝรั่งที่มีการเก็บในปริมาณที่มากๆ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมพวก Chips และ French Fried สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้ว พบว่า จะมีการเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิ 15 – 26 °C และให้มีประมาณความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 75 – 90 % ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะสามารถทำให้การทำงานของเอ็นไซม์ Phosphorylase ลดลง และปริมาณน้ำตาลก็ลดลงเช่นเดียวกัน

2. สตาร์ช (Starch) ปริมาณของ Starch จะลดลง ซึ่งเมื่อมีการลดอุณหภูมิของห้องเก็บให้ต่ำลง และปริมาณของ Starch นั้นสามารถที่จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแป้ง ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 10 °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. <u>โปรตีน</u> การเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีปริมาณของ Amide nitrogen มากกว่ามันฝรั่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 , 4.4 หรือ 10 °C และโดยทั่วไปแล้ว ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด จะลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น Mica พบว่า Protein nitrogen จะลดลงเป็นแบบเส้นตรงเมื่อทำการเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 2 และ 10 °C ทั้งนี้การลดลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจะลดลงในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าจะมีปริมาณของกรดอะมิโนอิสระในประมาณที่สูง อย่างไรก็ตาม Habib และ Brow ได้รายงานว่า แทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก เมื่อทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C แต่เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงสภาวะการเก็บจาก 4 °C ไปเป็น 23 °C จะทำให้ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) และกรดอะมิโนพวก Arginine , Histidine และ Lysine ลดลง และยังมีรายงานหลายๆ รายงานแสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของ NPN หรือกรดอะมิโนอิสระในระหว่างทำการเก็บไว้ที่ห้องเย็น

4. <u>วิตามิน</u> การสูญเสียของวิตามิน C ในระหว่างการเก็บรักษา Thomas et al. ได้รายงานว่า วิตามิน C (Ascorbic acid) จะคงที่ในระหว่างการฉายรังสี และหลังจากการฉายรังสี แต่จะเกิดการสูญเสียวิตามิน C (Ascorbic acid) ในระหว่างในระหว่างการเก็บรักษาในห้องเย็น

5. <u>กรดอินทรีย์</u> มันฝรั่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จะมีผลทำให้มีการเพิ่มของกรด Malic และกรด Citric

6. <u>แร่ธาตุ</u> การเก็บรักษามันฝรั่งไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในระหว่างการเก็บ Yamaguchi et al. ได้รายงานว่าในการเก็บรักษามันฝรั่ง ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) และฟอสฟอรัส (P) ในมันฝรั่งพันธุ์ White Rose ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 5 และ 10 °C ในช่วงเวลาการเก็บรักษา 30 สัปดาห์

2.2 ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่ง

ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งมีมากมายหลายชนิดที่รู้จักกันดี เช่น มันฝรั่งทอด (Potato chip) , มันฝรั่งแห้งบดเป็นผง (Dehydrated mashed potatoes - potato granules) , มันฝรั่งแห้งที่ทำเป็นเกล็ดบางๆ (Potato flakes) , มันฝรั่งแห้งรูปลูกบาศก์ (Dehydrated dried potatoes) , แป้งมันฝรั่ง , มันฝรั่งกระป๋อง , มันฝรั่งทอดแช่เย็นแป้งสลัดมันฝรั่งกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของมันฝรั่งที่กล่าวมาแล้ว มันฝรั่งยังอาจใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีกหลายชนิด แต่ผลิตภัณฑ์ที่คนไทยนิยมรับประทาน คือมันฝรั่งทอดในรูปของอาหารว่างและเครื่องแกล้ม ซึ่งขณะนี้มีจำหน่ายทั่วไปในร้านใหญ่ๆ และในห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงต้องกล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของมันฝรั่ง ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบกระเทือนคุณสมบัติของมันฝรั่ง เช่น ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอด , สีของมันฝรั่งทอด , ปริมาณของน้ำมันที่ถูกซับอยู่ในมันทอด , กลิ่นรสของมันฝรั่งทอด และความกรอบของมันฝรั่งทอด

2.2.1. ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอด (Yield of chips)

ในการซื้อขายมันฝรั่งทอดจะถือน้ำหนักเป็นเกณฑ์ ดังนั้นปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอดจึงมีความสำคัญมากในแง่ในทางการค้า Whiteman & Wright (1949) กล่าวว่า ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอดขึ้นอยู่กับถ่วงจำเพาะของมันฝรั่ง (Specific gravity) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) ของมันฝรั่ง และผลผลิตของมันฝรั่งทอดนี้จะเพิ่มขึ้น เมื่อถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น ซึ่ง Brow (1960) พบว่ามันฝรั่งที่เหมาะสมในการนำมาทำมันฝรั่งทอดควรมีความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 1.070

นอกจากนี้ ความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งยังมีผลต่อสีของมันฝรั่งทอด มันฝรั่งที่ทำจากหัวมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีสีที่ไม่สม่ำเมสอ สืบเนื่องมาจากส่วนของชิ้นมันฝรั่งจะงอขึ้น ไม่เป็นแผ่นแบนในขณะทำการทอด และมีผลต่อเนื้อที่ ในการเก็บรักษาอีกด้วย มันฝรั่งทอดทีทำจากหัวมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ จะกินเนื้อที่ ในการเก็บมากกว่า พวกที่ทำจากพันธุ์ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง และยังมีผลต่อการดูดซับน้ำมัน มันทอดที่ทำจากหัวที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะดูดซับน้ำมันได้ต่ำกว่าพวกที่ทำจากความถ่วงจำเพาะต่ำ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิต (Brow , 1960)

เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งมีความสำคัญดังกว่างที่กล่าวมาแล้ว ในการทำมันทอด จึงต้องการมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ดังนั้นคูณภาพของวัตถุดิบประการแรกที่ควรต้องคำนึงคือ ความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่ง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความถ่วงจำเพาะ

1. พันธุ์ของมันฝรั่ง (Varieties)

แบ่งพันธุ์ของมันฝรั่งออกเป็น 3 พวก ตามร้อยละของๆ แข็งทั้งหมดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักสูง คือ มีร้อยละของๆ แข็งทั้งหมดในช่วง 23 – 25 ของน้ำหนักสดหรือมีความถ่วงจำเพาะ 1.095 ขึ้นไป ได้แก่พันธุ์ Arran victory , Doon star , Furore , Record และ Voran เป็นต้น

1.2 พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งปานกลาง คือ มีร้อยละของๆ แข็งทั้งหมดในช่วง 21 – 23 ของน้ำหนักสดหรือมีความถ่วงจำเพาะ 1.086 – 1.094 ได้แก่พันธุ์ Alpha , Bitje , Kerr 's pink , Magestic เป็นต้น

1.3 พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งต่ำ คือ มีร้อยละของๆ แข็งทั้งหมด ประมาณ 20 หรือต่ำกว่า และมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.081 หรือต่ำกว่า ได้แก่พันธุ์ Arran , Banner และ Climax

2 ความแก่อ่อน

มันฝรั่งที่แก่จัดจะมีความถ่วงจำเพาะสูง ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของมันฝรั่งหลายประการ เช่น ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอดจะสูง สีของมันฝรั่งทอดตลาดจนคุณภาพในการเก็บรักษา (Keeping quality) จะเป็นไปในลักษณะที่ดี

แบ่งมันฝรั่งตามความแก่อ่อนได้เป็น 4 พวก ตามระยะเวลาในการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว

ระยะที่ 1 (First early) เก็บเกี่ยวประมาณกลางเดือน มิถุนายน ใช้เวลาปลูก 107 – 142 วัน

ระยะที่ 2 (Second early) เก็บเกี่ยวประมาณเดือนกรกฎาคม ใช้เวลาปลูก 119 – 178 วัน

ระยะที่ 3 (Early main crop) เก็บเกี่ยวประมาณเดือนกันยายนใช้เวลาปลูก 141 – 187 วัน

ระยะที่ 4 (Late main crop) เก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายนใช้เวลาปลูก 149 – 203 วัน

Smith (1968) ได้กล่าวว่าความแก่ของมันฝรั่งยังมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งด้วย เมื่อความแก่ของมันฝรั่งเพิ่มขึ้น จะทำให้ขนาดของเมล็ดแป้ง (Starch granule) ใหญ่ขึ้นและมีปริมาณ Amylase เพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิในการที่แป้งจะเกิดเป็น Gel ลดลง และการที่แป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล Maltose ลดลงด้วย Geddes et al. ., (1965) เสนอว่าขนาดของเมล็ดแป้งนี้จะเป็นคุณสมบัติอันหนึ่งที่ใช้ตัดสินคุณภาพของแป้งมันฝรั่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ปัจจัยในการเพาะปลูก (Culture factors)

มีผลต่อความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่ง คือ ถ้ามันฝรั่งที่มีการได้รับน้ำในปริมาณที่สม่ำเสมอ และปริมาณความชื้นภายในดินมีในปริมาณที่สูงๆ พบว่ามันฝรั่งจะมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่ามันฝรั่งที่ขาดน้ำและปริมาณความชื้นภายในดินต่ำ และปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเร่งให้มันฝรั่งแก่ได้เร็ว และยังผลให้ในการเพิ่มความถ่วงจำเพาะอีกด้วย

4 การฆ่าต้นมันฝรั่ง (Vine Killing)

เมื่อปล่อยให้มันฝรั่งให้มีการแก่อย่างช้าๆ อาหารจากส่วนใบ และลำต้น จะเคลื่อนที่ลงไปในส่วนหัว ซึ่งมักจะอยู่ในรูปน้ำตาล แล้วน้ำตาลจึงเป็นเปลี่ยนแปลงกลายเป็นแป้ง จึงทำให้มีผลทำให้มีความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น สำหรับวิธีการฆ่าต้นมันฝรั่งวิธีที่ดีที่สุดคือ ใช้สารเคมีพวก Sodium senite หรือ Dinitro compound ฉีดทิ้งไว้ 1 อาทิตย์ หลังจากนั้นจึงใช้เครื่องจักรเข้าตัดสาวต้นออกอีกครั้งหนึ่งก่อนทำการขุดหัว

2.2.2 สีของมันฝรั่งทอด (Color of potato chips)

การเกิดสีในมันฝรั่งทอดเกิดจากสภาพทางกายภาพและปฏิกริยาทางเคมีที่สำคัญ มีอยู่ 3 ประการคือ

1 การเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากการปอกเปลือก

เกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกริยาเคมีของเอนไซม์ที่เรียกว่า Enzymatic oxidation ภายในเซลที่เป็นแผลเนื่องจากการหั่นหรือปอก และเมื่อไปถูกกับอากาศหรือออกซิเจนจึงเกิดเป็นสีดำขึ้น ซึ่งสีนี้เรียกว่า “Melanin” และโดยทั่วไปจะเป็นปฏิกริยาของ Tyrosine – Tyrosinase ซึ่งวิธีการป้องกัน คือ ป้องกันไม่ให้สัมผัสกับอากาศหรือการทำลายเอนไซม์ โดยใช้ความร้อนหรือการทำให้เป็นกรด และใช้สารเคมี เช่น Sulferdioxide หรือ Sodiumbisulfite การเกิดปฏิกริยา Enzymatic browing ในมันฝรั่งนี้ Mapson et . al. (1963) กล่าวว่ามีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเข้มข้นของ Tyrosine ในเซล ในแบบแปรผันตรง

2 การเกิดสีหลังจากการหุงต้ม มักจะเกิดสีเข้มมากจากส่วนผิวใกล้ลำต้นแล้วจึงค่อยๆ จางลงไปจนถึงอีกปลายด้านหนึ่ง มักจะมีตั้งแต่สีเทาจนถึงสีดำซึ่งทำให้ไม่เป็นที่สนใจแก่ผู้บริโภค แต่การเกิดสีแบบนี้ไม่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการทำมันทอดมากนัก แต่จะเกี่ยวข้องกับการบรรจุมันฝรั่ง ใส่กระป๋องและในการตากแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 การเปลี่ยนสีในมันฝรั่งทอด

เกิดจากปฏิกริยาที่เรียกว่า Non – enzymatic browing reaction หรือเรียกว่า Mailard reaction ซึ่งตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกริยานี้ ได้แก่ Reducing sugar กรดอะมิโน และกรดแอสคอร์บิค ตลอดจนสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ เช่น พวก Phenolic compound ซึ่งได้แก่ Lignin coummaring , Flavonones , Anthocyanin , Tannin (Brow , 1960) และยังขึ้นอยู่กับระดับของ pH , อุณหภูมิ และความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดปฏิกริยา และตัวเร่ง (Catalyst)

ปริมาณ Reducing sugar ในระดับที่ต่ำกว่า 250 mg ต่อ 100 g ของมันฝรั่งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ในการทำมันฝรั่งทอดจะไม่ทำให้เกิดเป็นสีน้ำตาลคล้ำ แต่ถ้าปริมาณ Reducing sugar ที่สูงกว่า 250 mg ต่อ 100 g ของมันฝรั่ง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมันฝรั่ง

ความแก่อ่อนของมันฝรั่ง มันฝรั่งที่แก่จัดจะให้มันทอดมีสีอ่อนกว่ามันฝรั่งที่แก่ไม่เต็มที่ ซึ่งสีที่เกิดจากมันฝรั่ง ได้แก่ เกิดเนื่องมาจากสารประกอบพวก Carotenoid ซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงทำให้ไม่สามารถกำจัดได้โดยการล้างชิ้นมันด้วยน้ำก่อนทำการทอด

2.2.3 <u>ปริมาณน้ำมันในมันทอด</u> (Oil content of chips)

ปริมาณน้ำมันในมันทอดที่มีในชิ้นมันฝรั่งสูง จะทำให้กลิ่นรสเสื่อมเสียได้เร็ว และไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค แต่ถ้าปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอดที่ถูกดูดซับไว้มีในปริมาณต่ำเกินไป จะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ขาดกลิ่นรสที่ดีได้

ปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด คือ

- ความถ่วงจำเพาะหรือน้ำหนักแห้งของมันฝรั่ง พบว่าถ้าความถ่วงจำเพาะสูง ปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอดจะลดลง

- วิธีการเตรียมมันฝรั่งก่อนการทอด มีผลเกี่ยวกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอด ดังเช่น การทำให้ชิ้นมันฝรั่งแห้งก่อนทอด จะช่วยให้ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดต่ำลง มันฝรั่งที่มีความชื้นต่ำ จะมีปริมาณน้ำมันดูดซับอยู่ในชิ้นมันทอดต่ำ ชิ้นมันที่หั่นแล้วนำไปตากแห้งประมาณ 10 นาที หรือ เพื่อให้ความชื้นลดไปประมาณร้อยละ 25 พบว่าเมื่อนำมาทอดจะดูดซับน้ำมันได้น้อยละประมาณร้อยละ 6 – 8 แต่ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดลดลง ปริมาณผลผลิตของมันทอดก็จะลดลงด้วย Smith ,1967 นอกจากน้ำ Stutz & Burnis ,1948 พบว่า เมื่อนำชิ้นมันฝรั่งสดที่หั่น แล้วจุ่มลงในน้ำเกลือที่เข้มข้นร้อยละ 7.5 เป็นเวลาประมาณ 2 นาที ที่อุณหภูมิ 85 ^{o}C จะทำให้มันทอดดูดซับน้ำมันไว้น้อยลง แต่ยังคงให้กลิ่นรสของมันฝรั่งทอดไม่เป็นที่พอใจแก่ผู้บริโภค Burton ,1966 ได้กล่าวว่า ตามวิทยานิพนธ์ในดุษฎีบัญฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ R.N Johnson ที่เสนอต่อมหาวิทยาลัย Ohio พบว่าเมื่อความหนาของชิ้นมันบางลงการดูดซับน้ำมัน จะเพิ่มขึ้น คือ มีตัวเลข แสดงความหนาของชิ้นมัน 1/12 , 1/15 , 1/18 , 1/21 , 1/24 (นิ้ว) ร้อยละของน้ำมันที่ดูดซับไว้ คือ 43.85 , 44.68 , 46.81 , 47.61 , 49.93 และปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับอยู่จริงๆ จะมีร้อยละ 37 – 38 ในทุกๆ กรณีส่วนที่เกินจากน้ำ จะเป็นส่วนที่ติดอยู่ตามผิวหน้าของชิ้นมันฝรั่ง ซึ่งอาจจะกำจัดออกได้บางชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดมันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่ง แม้จะเป็นเพียงปัจจัยรองก็ตาม Vandervet ,1968 กล่าวว่า น้ำมันที่เหมาะในการทอด (deep frying) ควรเป็นน้ำมันที่ใช้เพื่อการหุงต้มและใช้เพื่อการทอดโดยตรงควรจะเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ น้ำมันที่ใช้เพื่อการทอดดีที่สุดควรจะเป็นน้ำมันพืชที่ไฮโดรจิเนตแล้ว Hydrogenated vegetable fats จากผลการทดลองของ Woodruff & Blunt ,1919 พบว่า มันฝรั่งทอดที่ทอดด้วยน้ำมันหมู จะมีปริมาณน้ำมันดูดซับอยู่ในชิ้นมันมากกว่ามันฝรั่งที่ทอดด้วยน้ำมันพืช เช่น Wesson oil แต่ Treadway ,1959 ได้กล่าวว่าการทอดด้วยน้ำมันหมูจะช่วยให้กลิ่นของมันทอดดีขึ้น นอกจากน้ำยังได้มีการทอดลองทอดมันฝรั่งด้วยน้ำมันพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันถั่งเหลือง , น้ำมันถั่วลิสง , น้ำมันเมล็ดฝ้าย ซึ่ง King et al .,1936 ได้สรุปว่า การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันทอดจะอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกัน

อุณหภูมิในการทอดสูง จะทำให้การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งต่ำ เพราะขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำ จึงทำให้มีน้ำมันส่วนน้อยที่จุถูกดูดไว้ได้ในเวลาจำกัด และถ้าหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูง ช่วงของอุณหภูมิในการทอดจะแคบลงและลดต่ำลง Smith , 1967

2.2.4 <u>กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด</u>

เกิดจากสารประกอบพวก Carbonyl compound เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด ซึ่งมี Monocarbonyl compound คือ 18 ชนิด ที่มีส่วนทำให้เกิดกลิ่น รส ในมันฝรั่งที่ทอดเสร็จใหม่ๆ (Fresh potato chips) และมี Monocarbonyl compound 19 ชนิด ที่ประกอบกันเป็นกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นไม่ดี คือจะมีกลิ่นสาบเหม็นหืน (Stale chips) และปริมาณของ Monocarbonyl compound ที่จะมีปริมาณเข้มข้นเล็กน้อยในมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นรสไม่ดี ดังแสดงในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 Monocarbonyl compound identified in potato chips

Carbonyl compound	Fresh (moles/kg)	Stale (mole/kg)
Pentanol	1.0	1.8
Hexanal	1.0	3.4
Heptanal	0.3	0.5
Octanal	0.1	0.2
Nonanal	0.2	0.1
2 -Propanone	1.9	4.4
2 -Butanone	1.8	2.2
2 - Pentanone	0.8	4.0
2 -Hexanone	0.4	0.9
2 -Heptanone	0.1	0.3
2 Octanone	0.2	0.3
2 – Nonanone	0.1	0.1
2 – Hexanal	0.0	0.2
2 – Heptanal	0.1	0.9
2 – Octenal	0.1	0.8
2 – Nonanal	0.1	0.3
2 – Decanal	0.1	0.2
2 – Undercanal	0.1	0.2
2,4 Decadienal	10.1	1.6
	18.4	22.4

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า 2 , 4 decadienal เป็นสารประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นในฝรั่งทอดที่ทอดเสร็จใหม่ๆ เพราะมีปริมาณสูงที่สุด ส่วนสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน ได้แก่ Hexanal , 2 - Propanane และ 2 - Pentanal ซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าในส่วนประกอบที่อยู่ในมันฝรั่งที่ทอดเสร็จใหม่ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Self ,1967 กล่าวว่า สารที่ทำให้เกิดกลิ่นในมันฝรั่งที่แท้จริงนั้นเป็นสารประกอบประเภท 2 , 5-dimethyl pyrazine และ Methional ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโน ซึ่งมีอยู่ในหัวมันฝรั่งนั้นเอง

2.2.5 ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอด (Texture or Crispness of chips)

ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอดนี้ถูกวัดให้อยู่ในอาหารประเภทแตกหักป่นง่าย ซึ่งเป็นอาหารที่ไม่มีความยืดหยุ่น อยู่เลย และมีลักษณะเป็นรูพรุนแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดต่างๆ กันได้ เมื่ออาหารประเภทนี้ถูกเคี้ยว บางครั้งมักจะเรียกลักษณะเนื้อชนิดนี้ว่า "Crunchy" ซึ่งรูพรุนที่เกิดขึ้นนี้ เกิดเนื้อจากไอน้ำภายในเซลมันฝรั่ง ถูกขับไล่ออกไปอย่างรวดเร็ว ขณะได้รับความร้อนอย่างสูง จากน้ำมันในขณะทอด แล้วฟองอากาศเข้าไปแทรกอยู่แทนที่ ซึ่งมีทั้งขนาดใหญ่และเล็ก

Smith ,1967 คุณภาพของลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเกือบทุกชนิดมักเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติตามธรรมชาติของสารประกอบประเภท High polymer เช่น แป้ง (Starch) , Pectin , Cellulose และ Hemicellulose แต่การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเหล่านี้เกิดขึ้น ในขบวนการผลิตเป็นที่ทราบกันน้อยมาก โดยเฉพาะสำหรับมันฝรั่งทอด ผลของการทอดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสยังไม่ทราบแน่นอนเช่นกัน เขาได้แต่เพียงคาดคะเนว่าสารประกอบของผนังเซล คือ Cellulose , Hemicellulose และพวก Pectic substance ซึ่งส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ ในรูปของ Calcium pectinate นี้เป็น Polymeric gel ในขณะที่ทำการทอด โครงสร้างของเซลในชิ้นมันฝรั่งอยู่ในสภาพเดิม แต่เซลของเมล็ดแป้งจะเปลี่ยนสภาพเป็น Gel และน้ำในเซลจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว แล้วบางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน ซึ่งเป็นจุดสำคัญ ในการทำให้เกิดปัญหาเรื่องการสิ้นเปลืองน้ำมันในการทำการทอด Brown ,1960 กล่าวว่า น้ำมันในมันทอดส่วนใหญ่จะอยู่ในผนังเซลและช่องว่างระหว่างเซล และตามช่องว่างอื่นๆ (Blister area) จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะเข้าไปอยู่ในระหว่าง อนูเล็กๆ ของแป้งที่ถูกเปลี่ยนให้เป็น Gel ภายในเซลของมันทอดนั้น ความกรอบของมันทอดเป็นผลที่ได้จากการแยกของเซล เนื่องจากการขยายตัวของไอน้ำที่อยู่ในชิ้นมันฝรั่งเมื่อส่วนผิวแห้งสนิท Smith ,1968 คาดคะเนว่าหัวมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะให้มันทอดที่มีรูพรุนมากและมีเซลที่แตกมากกว่ามันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง Brown ,1960 และ Smith ,1967 พบว่า เมื่อเติม Sodium acid Pyrophosphate จำนวนเล็กน้อยลงไปในน้ำมันที่ใช้ทอดจะช่วยเพิ่มความกรอบของมันฝรั่งทอด แต่จะทำให้สีของมันฝรั่งเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นเล็กน้อย และยังจะช่วยให้ระยะเวลาในการทอดสั้นลง ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการดูดซับน้ำมันในมันทอดด้วย

2.3 การฉายรังสีอาหาร (Food Irradiation)

การฉายรังสีอาหารคือ การนำเอาอาหารหรือผลิตภัณฑ์มาสัมผัสกับรังสีแกมมาที่แผ่ออกมาจากแหล่งให้รังสี เพื่อประโยชน์ในการถนอมรักษาอาหารและการแปรรูปอาหาร

รังสีที่ใช้เพื่อการถนอมอาหารจัดเป็น Ionizing radiation มีช่วงความถี่ของช่วงคลื่นสูงที่สุด คือ 10^{19} - 10^{22} H_z ซึ่งให้พลังงานสูงสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในอะตอมของสารอื่นๆ จนถึง ขึ้นแตกตัวเป็นไอออนได้ชนิดของรังสีดังกล่าวได้แก่ รังสีแกมมา (Gamma rays) รังสีเอ็กซ์ (X - rays) และลำแสงอิเล็กตรอน

แหล่งที่มาของรังสีชนิดต่างๆ ได้มาจาก 2 แหล่งคือ

1. แหล่งไอโซโทปกัมมันตรังสี (Radioisotope sources) จะให้รังสีแกมมาซึ่งเกิดจากการสลายตัวของอะตอม ในนิวเคลียสของสารกัมมันตรังสี (Radioactive nuclides) ที่ใช้มากในการถนอมอาหารมี 2 ชนิด ได้แก่

1.1 โคบอลต์ - 60 (Cobalt - 60 , ^{60}Co) ให้รังสีแกมมาที่มีพลังงาน 1.17 - 1.13 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) มีระยะครึ่งชีวิต (Helf - life) 5.27 ปี โดยมีการสลายตัวอยู่ตลอดเวลาเป็นผลให้พลังงานรังสีลดลงในอัตรา 12.5 % ต่อปี จำเป็นต้องหามาเพิ่มเติมในแต่ละปี เพื่อให้สามารถใช้พลังงานจากรังสีดังกล่าวได้อย่างคงที่ พลังงานรังสีแกมมา 1 กิโลวัตต์ (kw) จะได้จากโคบอลต์ 60 ที่มีพลังงาน 67480 คูรี (Curie , Ci) การซื้อขายโคบอลต์ 60 จะคิดราคาตามพลังงานซึ่งบรรจุไว้ในแคปซูลที่ทำด้วยแท่งเหล็กรูปทรงกระบอก การแผ่พลังงานจะอยู่ในรูปทรงกระบอก การแผ่พลังงานจะอยู่ในอัตรา 15 กิโลวัตต์ต่อเมกะคูรี แต่พลังงานนั้นกระจายไปทุกทิศทุกทางและดูดซับ เข้าไปในวัตถุที่นำมาฉายรังสีได้เพียง 10 - 30 % เท่านั้น และพบว่าโคบอลต์ 60 นี้จะให้กัมมันตภาพจำเพาะ (Specific activity) ระหว่าง 60 คูรีต่อกรัม ถึง 100 คูรีต่อกรัม

1.2 ซีเซียม 137 (Cesium 137 , ^{137}Cs) ให้รังสีแกมมาที่มีพลังงาน 0.66 MeV มีระยะครึ่งชีวิต 30.2 ปี สลายตัวตลอดเวลา จึงทำให้พลังงานของรังสีลดลงในอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23% ต่อปี หรือ 11 % ต่อ 5 ปี พลังงานรังสีแกมมา 1 กิโลวัตต์ จะได้จากซีเซียม 137 ที่มีพลังงานถึง 312,000 คูรี และทำการซื้อขายตามระดับพลังงานเช่นกัน

สำหรับหน่วยวัดพลังงานของสารกัมมันตรังสี ปัจจุบันนิยมใช้หน่วยเป็นเบกคอเรล (Becquerels - Bg) ซึ่งหมายถึงพลังงานที่แผ่กระจายออกมาการสลายนั้นใน 1 วินาที เมื่อเทียบค่าแล้ว 1 Ci เท่ากับ 3.7×10^{10} Bg

2. แหล่งเครื่องผลิตชนิดเร็วอนุภาค ซึ่งเป็นแหล่งผลิตรังสี อีก 2 ชนิดที่กล่าวแล้วคือ รังสีเอกซ์ ซึ่งใช้ทั้งในวงการแพทย์ และอุตสาหกรรมอาหาร สำหรับเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ ที่ใช้ในการแปรรูปและถนอมอาหารนั้น กำหนดว่าต้องมีพลังงานได้ไม่เกินกว่า 5 MeV ส่วนเครื่องที่ผลิตรังสีชนิดสำแสงอิเล็กตรอนนั้น ต้องมีพลังงานได้ไม่สูงกว่า 10 MeV

แหล่งของรังสีที่ใช้ในการประกอบการฉายรังสีอาหารนั้นๆ ก็มีข้อดีข้อด้อยอยู่ ซึ่งผู้ที่ลงทุนต้องการทราบและตัดสินใจได้ พลังงานที่ได้จากเครื่องผลิตจะให้พลังงานสูงและคงที่ไม่มีการเสื่อมสลาย เหมือนสารกัมมันตรังสี ใช้เวลาสั้น ในการฉายรังสี สามารถปิดเปิดเครื่องได้เมื่อต้องการใช้และที่สำคัญ คือไม่มีปัญหาในการทำลายกากของสารกัมมันตรังสี เมื่อเลิกใช้ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่าย

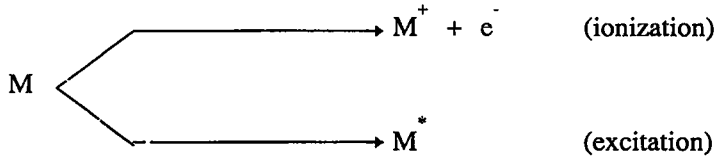
2.4 กลไกการเกิดปฏิกริยาเคมีในอาหารเนื่องจากการฉายรังสี

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเซลล์สิ่งมีชีวิต สามารถเกิดได้ 2 แบบ คือ

1. <u>เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยตรง</u>

ในโมเลกุลต่างๆของสารประกอบที่มีอยู่ในอาหารนั้น โดยพลังงานจากแหล่งกัมมันตรังสีจะถ่ายเทพลังงานมายังโมเลกุลของสาร ทำให้เกิดการสลายตัวของพันธะทางเคมีขึ้น จากการศึกษาพบว่าพันธะโคเวเลนส์ จะสลายตัวได้เมื่อกระทบกับรังสีที่มีพลังงานประมาณ 4 MeV ซึ่งอาจจะอยู่ในขั้นของโมเลกุลสภาวะกระตุ้น (Excited molecules) หรืออาจจะถึงระดับแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ก็ได้ โดยอธิบายได้ดังสมการนี้

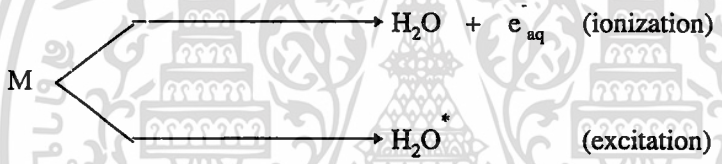
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



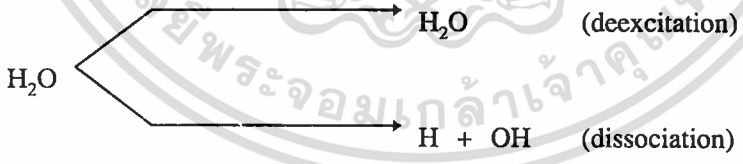
2. <u>เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางอ้อม</u>

เกิดขึ้นเนื่องจาก Radiolytic products เกิดการแตกตัวของโมเลกุลของน้ำที่เป็นองค์ประกอบหลักของเซล สิ่งมีชีวิตทั้งหลายอันเนื่องจาก Ionizing radiation แล้วไปทำปฏิกริยาต่อเนื่องกับสารประกอบอื่นๆ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติภายในเซลนั้นๆ การอธิบายรายละเอียดดังกล่าวต้องอาศัยเทคนิกที่เรียกว่า Pulse radiolysis

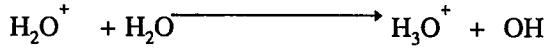
เมื่อทำการฉายรังสีน้ำที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}C$ จะเกิดปฏิกริยาอย่างรวดเร็ว ให้ผลปฏิกริยาขั้นปฐมภูมิ (Primary products) ดังแสดงในสมการ



e^-_{aq} เรียกว่า Hydrated electron , Aqueous electron , Solvent electron แล้วจึงเกิดปฏิกริยาต่อเนื่องได้ดังนี้



H_2O^+ (Water cation radical) จะเกิดปฏิกริยาปลดปล่อยโปตรอนให้กับโมเลกุลของน้ำได้ดังแสดงในสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_3O^+ เรียกว่า Solvated proton , Hydronium ion นอกจากนี้จะเกิดปฏิกริยารวมตัวกันคั่นระหว่าง Radiolytic products ชนิดต่างๆ ดังแสดงได้ดังนี้

$$H + OH \longrightarrow H_2O$$
$$e^-_{aq} + OH \longrightarrow OH^-$$
$$e^-_{aq} + H_3O^+ \longrightarrow H_2O + H$$
$$OH + OH \longrightarrow H_2O_2$$
$$H + H \longrightarrow H_2$$

จะเห็นได้ว่าผลของปฏิกริยาดังกล่าวจะเกิดสารที่เสถียรใน 2 รูป คือ H_2O_2 และ H_2 แต่ก็ยังเกิดปฏิกริยาต่อเนื่องได้อีกดังแสดงได้ดังนี้

$$H_2O_2 + e^-_{aq} \longrightarrow OH + OH^-$$
$$H_2 + OH \longrightarrow H_2O + H$$

จึงทำให้มีปริมาณของ H_2O_2 และ H_2 เกิดขึ้นต่ำ แม้จะมีการฉายรังสีด้วย Dose สูงก็ตามด้วยเหตุนี้ จึงทำให้สามารถใช้บ่อน้ำเป็นเกราะกำบังรังสีแกมมาได้ นอกจากนี้ผลผลิตจากการเกิดปฏิกริยานี้จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขั้วสารต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอาหารได้ในรูปแบบต่างๆ ได้อีก

การเกิดปฏิกริยาทั้งทางตรงและทางอ้อมที่กล่าวแล้วมักจะเกิดขึ้นได้พร้อมๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย ปฏิกริยาทางตรงจะเกิดได้สูงเมื่อปริมาณน้ำในสิ่งที่นำมาฉายรังสีนั้นต่ำด้วยเหตุที่มี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นดังกล่าวจึงมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารถูกทำลายกระบวนการเมแทบอลิซึม อันมีผลไปถึงการแบ่งเซลล์ซึ่งเป็นผลให้เซลล์จุลินรีย์ถูกทำลายไปได้ แต่ในขณะเดียวกัน สารต่างๆ ที่เกิดขึ้น จาก Radiolysis ภายในอาหารที่นำไปฉายรังสีก็อาจมีผลด้านความไม่ปลอดภัยกับผู้บริโภคได้ซึ่งเป็นที่วิตกกังวลของการเลือกบริโภคอาหารฉายรังสี ด้วยเหตุนี้จึงควรที่จะได้มีการตรวจสอบถึงความปลอดภัย ในแง่ต่างๆ ควบคู่ไปด้วย เมื่อทำการฉายรังสีอาหารแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ปริมาณพลังงานที่สารดูดซับไว้ (Radiation Dose)

ปริมาณพลังงานที่สารหรือวัตถุที่นำไปฉายรังสี ได้ดูดซับไว้มากน้อยเพียงใดสามารถคิดออกมาได้โดยใช้หน่วยเป็น แรด (rads) ย่อมาจาก Radiological units ซึ่ง 1 แรด หมายถึง สารมีปริมาณ 1 กรัม จะได้รับพลังงานไว้ 100 เอิร์ก (ergs) หรือเท่ากับ 10^{-2} จูลต่อกิโลกรัม (joule/kg) แต่ในปัจจุบันทางองค์การ IAEA ได้ตกลงให้ใช้หน่วยใหม่เป็นเกรย์ (Gray , Gy) 1 Gy เท่ากับ 100 rad หรือเท่ากับ 1 จูลต่อกิโลกรัม ซึ่งการฉายรังสีในระดับที่ปลอดภัยอาหารนั้น จะต้องดูดซับพลังงานไว้ไม่เกินกว่า 10,000 เกรย์ ปริมาณพลังงานดังกล่าวจะเพียงพอทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นได้เพียง 2 – 4 $^{\circ}C$

เครื่องมือที่ใช้คิดปริมาณพลังงานรังสี เรียกว่า มาตรวัดปริมาณรังสี (Dosimeter) ซึ่งมีหลายแบบด้วยกัน ที่นิยมใช้คือ Fricke dosimeter โดยอาศัยหลักการของมาตราฐานเทียบสี (Colorimeter) ที่เกิดจากการเปลี่ยนสีของสารละลายมาตราฐานในระบบ ferrous sulphate ซึ่งการวัดดังกล่าวมีความสำคัญมากในการควบคุมการทำงานเพราะทุกจุดของอาหารที่ออกมาจากการฉายรังสี จะต้องได้รับพลังงานเท่ากัน โดยตลอดจึงจะเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งมาตราวัดรังสีที่นิยมใช้เพื่อควบคุมมักนิยมใช้แบบ Radio chromic plastic dosimeter มีชื่อทางการค้าว่า Perpex ซึ่งเปลี่ยนสีได้เมื่อดูดซับรังสี ในปริมาณที่ทราบแน่นอน โดยการนำแผ่นพลาสติกดังกล่าวไปอ่านค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป ระดับความปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณฉายรังสีไม่ควรเกิน 0.25 มิลลิเร็นต์เกน ต่อชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นข้อกำหนดสูงสุดที่อนุญาตไว้

2.6 เครื่องฉายรังสีอาหาร (Food Irradiators)

เครื่องฉายรังสีอาหารจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. แหล่งกำเนิดของรังสี (Radiation Sources)

เลือกแหล่งให้เหมาะสมว่าอะไร แบบใดดังที่กล่าวแล้วโดยเพ่งเล็งในเรื่องของพลังงงานที่ให้ออกมาได้ในระดับตามที่ต้องการใช้อย่างเหมาะสมและระบบการเก็บรักษาขณะที่ไม่ได้ใช้งาน รวมถึงความปลอดภัยด้วย ตามปกตินิยมเก็บไว้ใต้ดินที่มีคอนกรีตหนาพอหรืออาจเก็บในบ่อน้ำที่มีความลึกเพียงพอที่จะกำบังรังสีได้

2. ระบบการนำอาหารเข้าสู่บริเวณฉายรังสี

โดยทั่วไปจะนิยมใช้ระบบสายพานให้หมุนไปรอบๆ แหล่งกำเนิดรังสี สำหรับความเร็วของสายพานต้องอยู่ในอัตราที่เหมาะสมที่จะทำให้การกระจายตัวของรังสีและการดูดซับรังสีของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นๆ เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในเรื่องนี้ ควรคำนึงถึง คือรูปแบบของอาหารที่นำเข้าสู่บริเวณฉายรังสีว่าอยู่ในรูปเป็น Bulk หรืออยู่ในสภาพบรรจุหีบห่อเรียบร้อยและปริมาณของอาหารที่นำเข้าไปฉายรังสีจะต้องคำนึงถึงค่าความหนาแน่นของอาหารนั้นๆ ด้วย

3. ระบบควบคุมเรื่องความปลอดภัย

นับว่าเป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับผู้ประกอบการด้านนี้ควรเป็นผู้มีระเบียบวินัย ในการปฏิบัติงานอย่างเคร่งคัดเพราะว่าภัยที่เกิดมิใช่เฉพาะผู้ดำเนินการเท่านั้น ผู้คนภายนอกบริเวณข้างเคียงจะได้รับภัยที่อาจเกิดขึ้น ได้โดยมิรู้ตัว

ตัวอย่างเครื่องฉายรังสีผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง หอมหัวใหญ่ หรือพืชหัวทั้งหลายที่นิยมกันอยู่จะเป็นแบบ Pallet irradiator จะบรรจุหอมหรือพืชที่ต้องการฉายรังสีลงในภาชนะบรรจุเป็นลวดตาข่ายขนาดใหญ่ ส่งเข้าสู่บริเวณฉายรังสี โดยระบบสายพานการฉายรังสี จะเป็นไปทั้งด้านล่างและด้านข้างของแหล่งกำเนิดรังสี และแหล่งกำเนิดรังสีจะอยู่ในแนวตั้งด้วย

2.7 ผลของการใช้รังสีกับอาหาร (Effects of Radiation on Foods)

ปริมาณของรังสีซึ่งเพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในอาหาร ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการทั้งในแง่ของสี กลิ่น รสชาติ หรือ อาจรวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารนั้น อีกด้วย

การเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่เกิดขึ้น ในอาหารที่ใช้รังสี ในปริมาณที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์พอที่จะกล่าวถึงได้ดังนี้

1. ในเนื้อสัตว์ ภาพหลังจากถูกรังสี จะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้ pH สูงขึ้น เกิดการทำลายกลูทาไธโอน (Glutathione) และเกิดการเพิ่มขึ้นของสารประกอบคาร์บอนิลไฮโดรเจนซัลไฟด์ และเมทิลเมอร์แคปแทน (Methyl mercaptan)

2. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในไขมัน มีดังนี้ เกิดการทำลายสารและยับยั้งการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นที่มีอยู่ (Natural antioxidents) เกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่น แล้วตามด้วย การเกิดปฏิกริยาโพลิเมอไรเซชั่น บางส่วนและเกิดการเพิ่มขึ้นของสารประกอบคาร์บอนิล

3. การเปลี่ยนแปลงของวิตามินต่างๆ เช่น การลดลงของไธอามีน (Thiamine) ไพริออกซิน (Pyridoxine) และวิตามิน บี 12 , ดี , ซี , อี และ เค ในอาหารส่วนใหญ่เกิดการคงตัวของไรโบพลาวิน (Riboflavin) และไนอาซิน (Niacin) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96499

สำหรับในกรณีของการทำลายเอ็นไซม์ที่มีอยู่ในอาหาร พบว่าอาจจำเป็นจะต้องใช้รังสีในปริมาณที่สูงกว่าที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ถึง 5 – 10 เท่า

2.8 ผลของรังสีต่อคุณค่าของอาหารของมันฝรั่ง

การใช้รังสีถนอมอาหารเป็นวิธีใหม่ที่สามารถยืดอายุการวางตลาดของพืชผัก ผลไม้ให้นานยิ่งขึ้น ปัจจุบันถือว่ามีความสำคัญมากขึ้น โดยถือว่า การฉายรังสีอาหารเป็นขบวนการหนึ่งของการถนอมอาหาร (Food Preservation) ได้มีผู้ทำการศึกษาคุณค่าทางอาหาร

เมื่อผ่านการฉายรังสีไว้หลายท่าน อาทิเช่น Protor and Goldblith รายงานว่ารังสีมักทำลายวิตามินซี ได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพวก Peach ที่ฉายรังสีขนาด 100 - 300 กิโลแรด วิตามินซี จะลดลงประมาณ 23 - 25 % เมื่อเก็บไว้นาน 10 นาที 5 ^{o}C Graham & Luse ทำการทดลองพบว่ารังสีขนาด 0 - 40 กิโลแรดไม่ทำให้ปริมาณวิตามินซีในผลไม้ที่แก่จัดเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Maxie and Sommer ที่รายงานว่า ผลไม้ต่างๆ ที่ฉายรังสีขนาด 0 - 200 กิโลแรด เก็บที่อุณหภูมิ 0 ^{o}C นาน 95 วัน วิตามินซี ไม่เปลี่ยนแปลง และจากการทดลองของ Baraldi พบว่ามันฝรั่งฉายรังสี 11.7 กิโลแรด เก็บนาน 10 - 11 เดือน ปรากฏว่าปริมาณวิตามินซีและไนอาซีน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2.9 ความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี

นักวิทยาศาสตร์ชาวแคนนาดาได้ศึกษาวิจัยมาเป็นเวลานานและได้ใช้เงินไปในการนี้เป็นจำนวนมาก เพื่อทดสอบความปลอดภัยของผู้บริโภคมันฝรั่งและหอมหัวใหญ่ ตลอดจนอาหารชนิดอื่นๆ ที่ฉายรังสีขณะนี้ยังไม่พบว่าอาหารเหล่านี้ ก่อให้เกิดอันตรายขึ้นในผู้บริโภค ได้มีการประกาศอาหารที่ฉายรังสีแกมมาที่อนุญาตให้บริโภคได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 อาหารฉายรังสีที่อนุญาตให้บริโภคได้

ผลิตภัณฑ์	จุดประสงค์	แหล่งกำเนิด	ปริมาณรังสี (เกรย์)	วันอนุมัติ
เบคอน	ยับยั้งการงอก	โคบอลต์ - 60	$4.5 - 5.6 \times 10^7$	ก.พ. 1963
หอมหัวใหญ่	ยับยั้งการงอก	โคบอลต์ - 60	100 - 150	มี.ค. 1965
มันฝรั่ง	ทำลายแมลง	โคบอลต์ - 60	100 - 150	พ.ย. 1965
แป้งสาลี	ป้องกันการเน่าเสีย	โคบอลต์ - 60	750	ก.พ. 1969
หน่อไม่ฝรั่ง	ป้องกันการเน่าเสีย	โคบอลต์ - 60	2000	พ.ค. 1969
เห็ด	ป้องกันการเน่าเสีย	โคบอลต์ - 60	2500	ต.ค. 1969
เนื้อหมู	ป้องกันการเน่าเสีย	โคบอลต์ - 60	6000	ก.ค. 1966
เนื้อไก่	ป้องกันการเน่าเสีย	โคบอลต์ - 60	6000	ก.ค. 1966

ที่มา : Josepson , E.S. 1970. The present general outlook for radiation processing. The technology of the food supply : Managerment looks at Current Resources pp. 21-38

2.10 การตรวจสอบอาหารที่ผ่านการฉายรังสี

เทคนิคที่ใช้สำหรับตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ของอาหาร เช่น การตรวจความเสียหายของเซลล์เมมเบรน ได้แก่ วัดความต้านทานของไฟฟ้ากระแสสลับ , ความหนืดระดับความดันของไฟฟ้า Electron spin resonane

- Electron spin resonane จะมีประสิทธิภาพในการตรวจวัดประมาณรังสีในอาหารจำพวกที่มีกระดูก และสัตว์น้ำจำพวกมีเปลือก เช่น หอย , กุ้ง , ปู

- Thermoluminescence (TC) ในตรวจวัดปริมาณรังสีในเครื่องเทศ ผัก ผลไม้ และ อาหารที่มีแร่ธาตุ Silicate

- Aerobic plate count และเทคนิค Direct epifluorescent filter ใช้ตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว เทคนิคนี้มีข้อกำจัด คือ ไม่สามารถทำได้ถ้าการปนเปื้อนเริ่มต้นก่อนการฉายรังสีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำมากและปริมาณรังสีต่ำมาก

- Hydrocarbon และ Cyclobutone ใช้ตรวจสอบปริมาณรังสีในอาหารที่มีไขมันการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของเซลล์เนื่องจากการฉายรังสีบางที่สามารถวัดโดยวิธี Histological และ Horphological

- Hayashi ,1988 กล่าวว่าความต้านทานของไฟฟ้ากระแสสลับสามารถนำไปใช้ในการกำหนดปริมาณการฉายรังสีในมันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี

ความปลอดภัยในการฉายรังสีเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุดที่จะต้องทำการทดสอบและประเมินผลก่อนที่จะมีการอนุญาตให้ทำการผลิตและจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ความปลอดภัยในที่นี้ หมายความว่า การฉายรังสีจะไม่ก่อการเกิดสารกัมมันตรังสีในอาหาร ไม่ก่อให้เกิดสารใหม่ที่เป็นพิษหรือก่อให้เกิดมะเร็งต่อผู้บริโภค และไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางจุลชีววิทยาและโภชนาการ

1. การเกิดสารกัมมันตรังสีในอาหาร

การฉายรังสีอาหารด้วยรังสีแกมมา (พลังงานสูงสุด 1.33 อิเล็กตรอนโวลท์) รังสีเอกซ์ (พลังงานไม่สูงกว่า 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์) และอิเล็กตรอน (พลังงานไม่สูงกว่า 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์) จะไม่มีโอกาสทำให้อาหารกลายเป็นสารกัมมันตรังสีได้เลย ไม่ว่าอาหารนั้นจะผ่านการฉายรังสีด้วยปริมาณรังสีใดก็ตาม

2. การเกิดสารใหม่ที่เป็นอันตราย

การฉายรังสีอาหารก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ฟรีเรดิคัล ซึ่งไม่อยู่ตัวแล้วสลายไปอย่างรวดเร็ว ภายในอาหารไม่เกิน 1/1000 วินาที โดยการทำปฏิกริยากับสารที่เป็นองค์ประกอบของอาหารได้สารประกอบต่างๆ ซึ่งรวมกันเรียกว่า Radiolytic product การถนอมอาหารโดยวิธีอื่นก็สามารถทำให้เกิดฟรีเรดิคัลได้เช่นกัน และก็มีการรวมตัวกับสารที่เป็นองค์ประกอบของอาหารในลักษณะเดียวกัน เกิดเป็นสารใหม่ขึ้น และก็มีการรวมตัวกับสารที่เป็นองค์แระกอบของอาหารในลักษณะเดียวกัน เกิดเป็นสารใหม่ขึ้น ถ้าเป็นการใช้ความร้อนสารประกอบต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะรวมกันเรียกว่า Thermolytic product

ประมาณของเรดิโอไลติกโปรดัก (Radiolytic product) ที่เกิดขึ้นอยู่นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ใช้ การใช้รังสีปริมาณต่ำเพื่อทำลายแมลง และพยาธิ เพื่อยับยั้งการงอกของพืชผักหรือเพื่อชะลอการสุกของผลไม้นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีน้อยมากแทบจะตรวจไม่พบ แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่สูงขึ้น เช่น ในกรณีของการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากขึ้นแต่ก็ยังน้อยกว่าที่เกิดจากการใช้ความร้อนจากการเปรียบเทียบ Radiolytic product กับ Thermolytic product ก็พบว่าสารส่วนใหญ่เป็นชนิดเดียวกันและเป็นสารที่ตรวจพบได้ในอาหารที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามตรวจสอบหาสารใหม่ที่คาดว่าจะเกิดจากการฉายรังสีอาหาร จนถึงปัจจุบันก้ยังตรวจไม่พบ การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของเรดิโอไรติกโปรดักด์ (Radiolytic product) ในเนื้อวัวฉายรังสี 60 กิโลเกรย์ พบว่ามีสารหรือน้อยกว่า ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15761

การทดสอบทางพิษวิทยาของเรดิโอไลติกโปรดักที่ได้จากการฉายรังสีกระทำที่สหรัฐอเมริกา โดยทดลองกับสุนัขและหนู กินเนื้อ ไก่ ฉายรังสีที่ 58 กิโลเกรย์ พบว่าไม่ทำให้เกิดอันตราย

3. ความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์

การฉายรังสีอาหารตามปริมาณที่กำหนด (ไม่เกิน 10 กิโลเกรย์) สามารถทำลายแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้ แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์และท็อกซิน (Toxin) ของ *Clostridium butulinum* ที่อาจมีอยู่ในอาหารได้ การใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์และการควบคุมบรรยากาศก็ไม่สามารถทำลาย สปอร์และท็อกซิน (Toxin) ของเชื้อดังกล่าวได้เช่นกัน ท็อกซินนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในอาหาร ถ้าไม่มีวิธีปฏิบัติและเก็บรักษาที่เหมาะสม อาหารที่จะนำมาฉายรังสีจะต้องผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ดี ซึ่งสามารถป้องกันแบคทีเรียไม่ให้สร้างท็อกซินได้การป้องกัน ไม่ให้เชื้อดังกล่าวสร้างท็อกซินที่ปฏิบัติกันอยู่ คือ บรรจุอาหารในภาชนะที่อากาศพอถ่ายเทได้ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 3.3 องศาเซลเซียส การฉายรังสีด้วยปริมาณต่ำสามารถทำให้จุลินทรีย์กลายพันธุ์ได้ แต่การกลายพันธุ์ของจุลินทรีย์เป็นเรื่องปกติ และเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ การใช้สารเคมีและการใช้ความร้อนก็ทำให้จุลินทรีย์กลายพันธุ์ เช่น จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ยังไม่เคยปรากฏเลยว่า การฉายรังสีอาหารตามวิธีอันพึงปฏิบัติ จะทำให้จุลินทรีย์มีความต้านทานต่อรังสี และสร้างท็อกซินเพิ่มขึ้น

4. ความเหมาะสมด้านโภชนาการ

การฉายรังสีอาหารไม่ทำให้แร่ธาตุต่างๆ ที่มีในอาหารเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหลักของอาหารได้แก่ โปรตีน , คาร์โบไฮเดรต และไขมัน มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แม้ว่าจะใช้รังสีสูงถึง 10 กิโลเกรย์ ก็ตาม กำหรับวิตามินนั้นอาจมีการสูญเสียบ้างเช่น วิตามิน B_1 , A , E , K ถ้าใช้รังสีในปริมาณที่สูงกว่า 1 กิโลเกรย์ อย่างไรก็ตามการสูญเสียดังกล่าวมีน้อยกว่าหรือเทียบได้กับกรรมวิธีอื่น เช่น การใช้ความร้อน และความสามารถลดการสูญเสียได้ โดยการฉายรังสีอาหารที่อุณหภูมิต่ำหรือในสภาวะที่ไม่มีอากาศ

องค์อนามัยโลกได้ตรวจความปลอดภัยและโภชนาการของอาหารที่ฉายรังสีและลงความเห็นว่าอาหาราที่ผ่านการฉายรังสีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ไม่ทำให้เกิดสารพิษที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในอาหาร ซึ่งอาจจะมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์
2. จะต้องไม่ทำให้มีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดอันตราย
3. ไม่ทำให้สูญเสียสารอาหาร ซึ่งอาจจะมีผลต่อภาวะโภชนาการของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

5. การทดสอบความปลอดภัยโดยใช้มนุษย์

หลังจากทดสอบความปลอดภัย โดยใช้สัตว์ทดลองเป็นระยะเวลานานจนได้ผลสรุปว่าไม่เป็นอันตราย และโครงการมาตราฐานอาหารระหว่างประเทศของ FAO/WHO (CODEX) ได้ประกาศรับรองมาตราฐานอาหารฉายรังสีและวิธีอันพึงปฏิบัติในการฉายรังสีอาหารแล้ว ที่สาธารณรัฐประชาชนจีนก็ไม่การทดสอบเพิ่มเติม โดยใช้อาสาสมัครซึ่งเป็นมนษย์รวมทั้งนักศึกษาแพทย์จำนวน 439 คน บริโภคอาหารฉายรังสีชนิดต่างๆ เช่น ข้าว , ไส้กรอก , มันฝรั่ง , ถั่ว และเห็ด ซึ่งผ่านการฉายรังสี ปริมาณตั้งแต่ 0.1 - 8.0 กิโลเกรย์ เป็นเวลา 7 - 15 สัปดาห์ ผลการทดสอบก็ไม่ปรากฏว่าเกิดการผิดปกติแต่ประกอบใด และไม่พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของโครโมโซมในเซลล์ จึงเป็นการยืนยันในเรื่องความปลอดภัยของอาหารฉายรังสีได้อย่างดี ยิ่งไปกว่านั้น มนุษย์อวกาศที่บริโภคอาหารฉายรังสีในระหว่างที่อยู่ในอวกาศก็ยังไม่มีผู้ใดมีอาการผิดปกติเท่าทุกวันนี้

2.12 อิทธิพลของการฉายรังสี

ปริมาณของพลังงานรังสีที่ให้กับอาหาร มีผลในการลดและกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคหรือกำจัดจุลินทรีย์ทั้งหมด ยกเว้น ไวรัส เมื่ออาหารผ่านการฉายรังสีแล้ว โมเลกุลของอาหารจะดูดซับพลังงานที่ทำให้เกิดอิออนและจะเกิดการตอบสนองโดยสร้างอิออนหรือ Free radical ซึ่งทำให้เกิดปฏิกริยาการสร้าง Radiolytic product ที่มีความเสถียร ปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มักจะทำลายพันธะเคมีอย่างน้อย 10 พันธะ ในทุกๆ 10 ล้านพันธะ ถึงแม้เปอร์เซ็นต์ที่พันธะเคมีจะถูกทำลายมีน้อยมากเมื่อฉายรังสีในอาหาร แต่จะเกิดผลกระทบอย่างรวดเร็ว เช่น เกิดการทำลายพันธะใน Deoxylibose nucleic acid (DNA) มีผลทำให้สูญเสียความสามารถของเซลล์ได้ การที่เซลล์ถูกทำลายเป็นเหตุให้สิ่งมีชีวิตถูกทำลายไปด้วย ซึ่งเป็นผลกระทบที่สำคัญของการฉายรังสีในอาหาร คือ ทำให้สามารถทำลายแมลงในอาหาร ยับยั้งการเจริญของพยาธิทำให้ผักผลไม้สุกช้า และป้องกันการงอกของต้นอ่อน รังสีไม่สามารถทำให้อาหารมีอำนาจส่งรังสีได้ ไขมันและ DNA จะมีความไวต่อรังสีเป็นพิเศษ การฉายรังสี จะทำให้ DNA สายคู่และสายเดี่ยวจะแตกออก และทำให้เกิดการจับกันของโมเลกุลระหว่างเบส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 ขั้นตอนการฉายรังสี

1. ผลิตภัณฑ์ที่จะฉายรังสี จะต้องบรรจุในหีบห่อที่เหมาะสม

2. จัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าตู้บรรจุภัณฑ์อะลูมิเนียม แล้วเคลื่อนตู้เข้าห้องฉายรังสี

3. ระยะเวลาการฉายรังสี คำนวณจากความแรงรังสีที่มีอยู่ ปริมาณรังสีที่ต้องการ และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่จะฉายรังสี

4. กระบวนการฉายรังสีจะมีการควบคุมและตรวจสอบ โดยเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ฉายรังสีเรียบร้อยแล้ว ได้ผ่านกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง

5. หลังจากฉายรังสีแล้วจะเคลื่อนที่ตู้ออกมาจากห้องฉายรังสี เพื่อการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว

6. ผลิตภัณฑ์ที่ฉายรังสีแล้ว จะมีการปิดฉลาก รับรองการฉายรังสี และเก็บรักษาในโรงพักสินค้า หรือห้องเย็น พร้อมที่จะส่งจำหน่ายหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.14 อัตราค่าบริการ

การให้บริการเพื่อการพาณิชย์ ศูนย์การฉายรังสีอาหารและผลิตผลทางการเกษตร สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เก็บค่าธรรมเนียม ฉายรังสี ในอัตราที่กำหนดตามระเบียบสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ว่าด้วยการฉายรังสีแกมมา พ.ศ. 2533 ดังแสดงในตารางที่ 4 , 5 , 6 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4 อัตราค่าธรรมเนียมในการฉายรังสสินค้า(โดยไม่รวมค่า Dosimeter และ Labelindicator)

ประเภทสินค้า	วัตถุประสงค์	ค่าธรรมเนียม (บาท/กิโลกรัม)
1. หอมหัวใหญ่	ยับยั้งการงอก	0.25
2. กระเทียม	ยับยั้งการงอก	0.25
3. มันฝรั่ง	ยับยั้งการงอก	0.25
4. ถั่วโกโก้	กำจัดแมลง	0.40
5. มะม่วง	กำจัดแมลง	0.40
6. ข้าวสาร	กำจัดแมลง	0.40
7. มะละกอ	กำจัดแมลง	0.40
8. ถั่วเขียว	กำจัดแมลง	0.40
9. ข้าวสาลี	กำจัดแมลง	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ประเภทสินค้า	วัตถุประสงค์	ค่าธรรมเนียม (บาท/กิโลกรัม)
10. ผลไม้แห้ง	กำจัดแมลง	0.40
11. ปลาแห้ง	กำจัดแมลง	0.40
12. ถุ้ง (สดและแช่เข็ง)	ควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค	3.00
13. ไก่ (สดและแช่เข็ง)	ควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค	2.65
14. แหนม	ควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค	2.20
15. เครื่องเทศ	ลดปริมาณจุลินทรีย์	4.50
16. หอมแห้ง	ลดปริมาณจุลินทรีย์	4.50
17. หอมผง	ลดปริมาณจุลินทรีย์	4.50
18. ถั่วโกโก้หมัก	ลดปริมาณจุลินทรีย์	4.50
19. เครื่องปรุงรส	ลดปริมาณจุลินทรีย์	4.50
20. แป้งข้าวโพด	ลดปริมาณจุลินทรีย์	4.50
21. เอนไซม์	ลดปริมาณจุลินทรีย์	4.50
22. สมุนไพร	ลดปริมาณจุลินทรีย์	8.00
23. ผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์	ฆ่าเชื้อ	2350.00 บาท/ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 5 อัตราค่าธรรมเนียมค่า Dosimeter

ประเภท/ยี่ห้อ	ค่าธรรมเนียม (บาท/อัน)
1. Opti - chromic	50.00
2. Nylon thin Film	50.00
3. Hare well	100.00

ตารางที่ 6 อัตราค่าธรรมเนียมในการเก็บรักษาสินค้า

ประเภท/ห้อง	ค่าธรรมเนียม (บาท/ตัน/วัน)
1. ห้องธรรมดา	50.00
2. ห้องเย็น	100.00
3. ห้องแช่แข็ง	200.00

ที่มา : ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ , 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. มันฝรั่งพันธุ์แคนนิเบคและพันธุ์เอตแลนติก
2. เครื่องฉายรังสี Gammabeam 650 โดยมีแหล่งกำหนดจาก Co^{60}
3. เครื่อง เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ
4. เครื่อง วัดสี MINOLTA รุ่น CR – 300
5. เครื่อง การดูดกลืนคลื่นแสง CECIL รุ่น CE –292 SERIES 2
6. ปีเปต 10 มิลลิลิตร
7. Volume pipet 1 มิลลิลิตร
8. จุกยาง
9. บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร
10. Volummatic flask 250 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร
11. โกร่ง
12. เขียงและมีด
13. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
14. เครื่องปั่นผสม (blender)
15. กระบอกน้ำกลั้น
16. เครื่อง หมุนเหวี่ยง CENTRIKON รุ่น T-42k
17. หลอดทดลองขนาดเล็ก
18. กรดซัลฟูริก เข้มข้น 96 %
19. สารละลายฟีนอล 5 % (w/v)

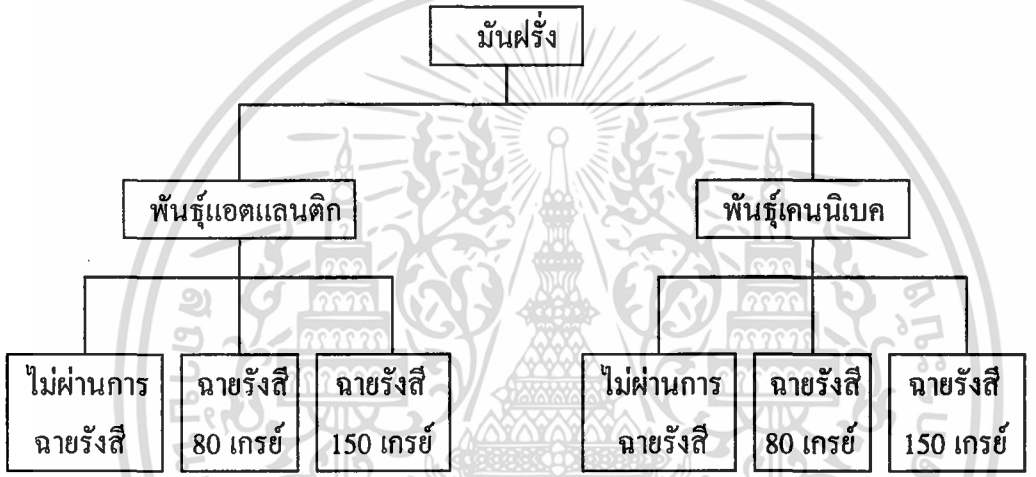
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างของมันฝรั่งพันธุ์แคนนิเบคและพันธุ์แอดแลนติคมาทำการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสีให้ได้ระดับ 80เกรย์ และ 150 เกรย์

2 นำมันฝรั่งพันธุ์แคนนิคและพันธุ์แอดแลนติมาทำการฉายรังสีที่ระดับ 80 เกรย์และ 150 เกรย์โดยใช้เวลาที่หาได้จาก ข้อ.1

3. แบ่งมันฝรั่งออกเป็น 6 กลุ่มทดลองโดยในแต่ละกลุ่มการทดลองจะแบ่งบรรจุในกล่องๆละ 8 กิโลกรัม จำนวน 12 กล่อง ดังแสดงในแผนภาพดังนี้



4. ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 10 - 15 องศาเซลเซียล ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 เดือน ทำการตรวจสอบทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยจะทำการตรวจสอบดังนี้

4.1. ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอก

4.2. ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ

4.3. ตรวจสอบการเกิดตำหนิ เช่น รอยดำ รอยคล้ำ แผลที่เกิดขึ้น เป็นต้น

4.4. ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

4.5. ตรวจสอบค่าสีภายหลังการทอด

4.6. ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งสด (ดังแสดงในภาคผนวก(ง))

4.7. ตรวจสอบทางประสาทสัมผัสกับมันฝรั่งแผ่นทอด

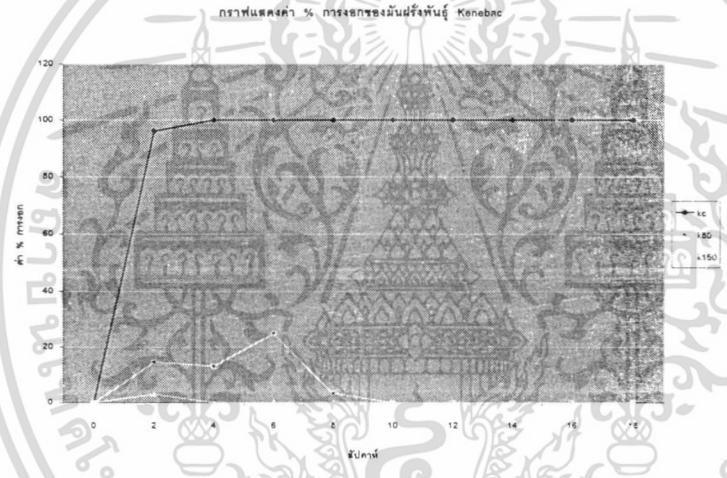
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

โดยในการทดลองมีการตรวจสอบคุณสมบัติของมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีและมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับ 80 และ 150 เกรย์ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 - 15 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 5 เดือน ได้ผลดังนี้

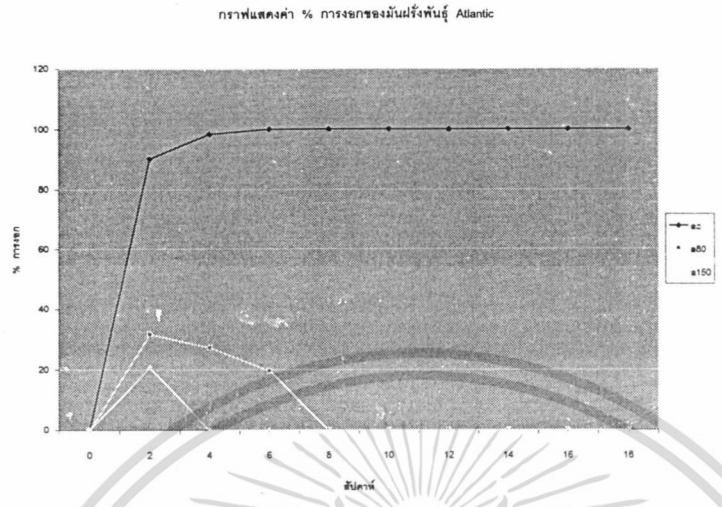
1. ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอก

จากการศึกษาการงอกของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและพันธุ์เคนนิเบค ที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสีที่ 80 ,150 เกรย์ และมันฝรั่งที่ไม่ได้ฉายรังสี ดังแสดงในกราฟที่ 1 และกราฟที่ 2



กราฟที่ 1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



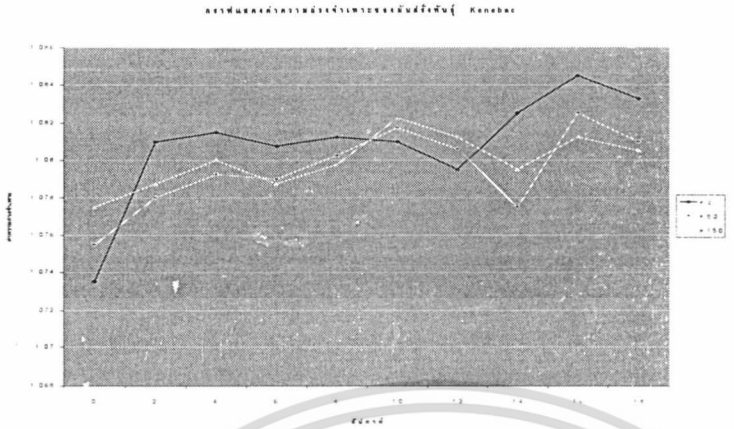
กราฟที่ 2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติก

พบว่า มันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคและพันธุ์แอคแลนติกที่ผ่านการฉายรังสีในระดับ 80 , 150 เกรย์ ในระยะเวลาตั้งแต่ 0 - 12 สัปดาห์ จะมีการงอกเพียงเล็กน้อย ซึ่งลักษณะของรากจะมีสีขาวขนาดเล็ก มีความยาวประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร และเมื่อผ่าน 12 สัปดาห์ รากจะเริ่มแห้งและหยุดการเจริญเติบโต แต่สำหรับมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและพันธุ์เคนนิเบคที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จะเกิดการงอกทั้งหมด ภายในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งลักษณะการงอกของมันฝรั่งจะเป็นไปตามปกติไม่เกิดการเหี่ยวและแห้ง และพบอีกว่ารากที่งอกของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกจะยาวกว่ามันฝรั่งพันธ์เคนนิเบคอย่างชัดเจน ซึ่งตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่า ผลของการฉายรังสีระดับ 150 เกรย์ จะให้ผลในการยับยั้งการงอกได้ดีกว่า การฉายรังสีในระดับ 80 เกรย์ เนื่องจากจะหยุดการงอกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 และยังพบอีกว่ามันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกจะมีรากยาวที่สุดประมาณ 30 เซนติเมตร มันฝรั่งพันธุ์พันธุ์เคนนิเบคจะมีรากยาวที่สุดประมาณ 15 เซนติเมตร ดังนั้นการฉายรังสีสามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่งได้

2. ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ

จากการศึกษาความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 , 150 เกรย์ และที่ไม่ผ่านการรังสีพบว่ามันฝรั่งผ่านที่การฉายรังสีจะมีความความถ่วงจำเพาะที่ต่ำกว่ามันฝรั่งที่ไม่ฉายรังสีตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง และพบว่ามันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกจะมีความความถ่วงจำเพาะที่เกือบสูงกว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค ดังแสดงในกราฟที่ 3 และกราฟที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



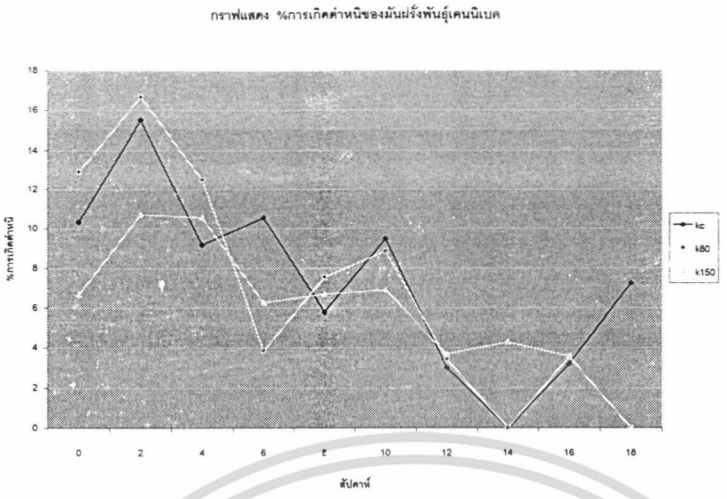
กราฟที่ 3 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค

กราฟที่ 4 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติก

3. เปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิ

จากการศึกษา เปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติก และมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 , 150 เกรย์ และไม่ผ่านการฉายรังสี พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิของมันฝรั่งทั้งที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีทั้ง 2 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิที่ใกล้เคียงกัน จนไม่เห็นความแตกต่าง และ เปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิมีแนวโน้มที่ลดลงในช่วงหลังจาก 6 สัปดาห์ไปแล้ว ดังนั้น การฉายรังสีไม่มีผลต่อการเกิดตำหนิของมันฝรั่ง ดังแสดงในกราฟที่ 5 และกราฟที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



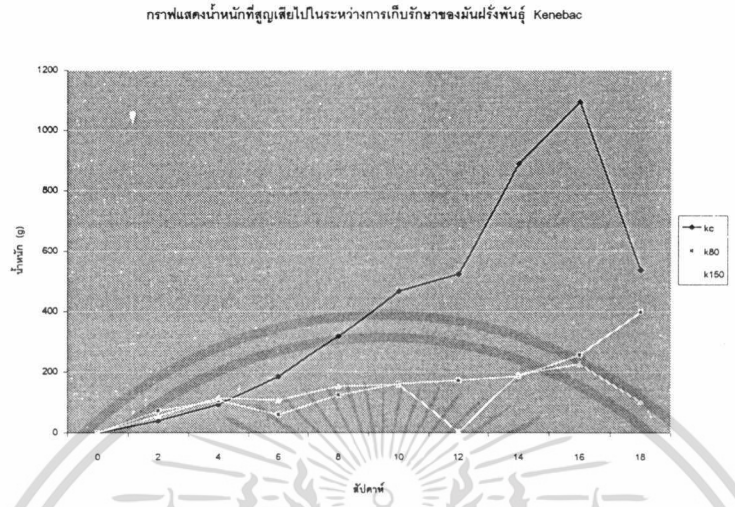
กราฟที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค

กราฟที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติก

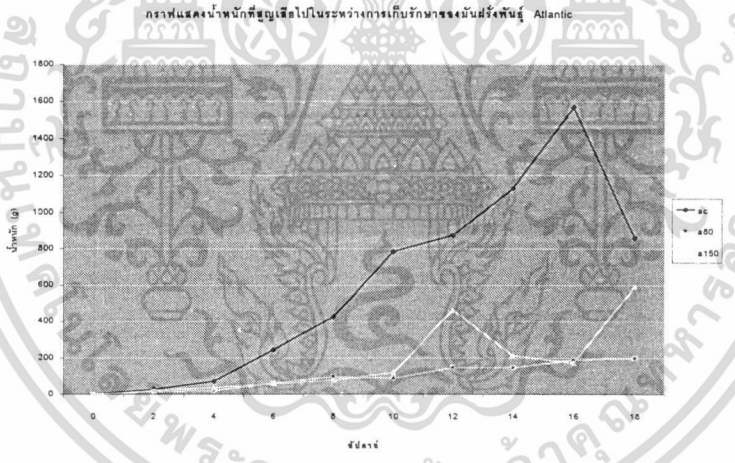
4. ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งสด

การผลการศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและ มันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 , 150 เกรย์ และไม่ผ่านการฉายรังสี พบว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีทั้ง 2 พันธุ์ มีการสูญเสียน้ำหนักในปริมาณที่มากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 , 150 เกรย์ ทั้ง 2 พันธุ์ ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 7 และกราฟที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 7 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งสดพันธุ์เคนนิเบค



กราฟที่ 8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งสดพันธุ์แอคแลนติก

5. ตรวจสอบค่าสีภายหลังการทอด

หลังจากที่นำมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 , 150 เกรย์ และมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี มาทำการทอด แล้วนำมาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ในระบบวัดสีแบบ Hunter อ่านค่าออกมาในรูปของ ค่า L , a , b โดยที่ค่า

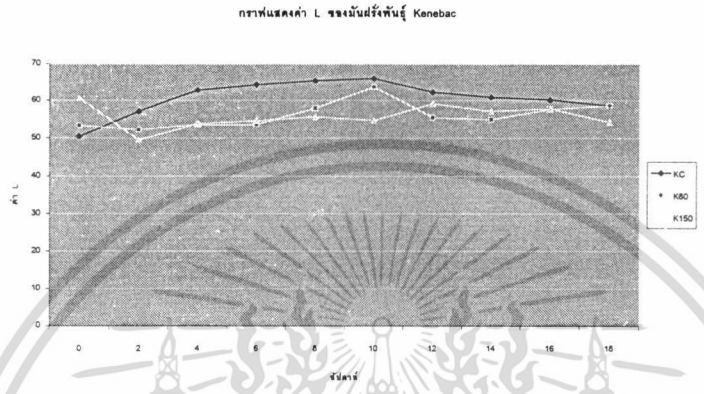
L หมายถึง ความสว่าง ความมืด

a หมายความว่า ค่าเป็นบวกแสดงความเป็นสีแดง ถ้าค่าเป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว

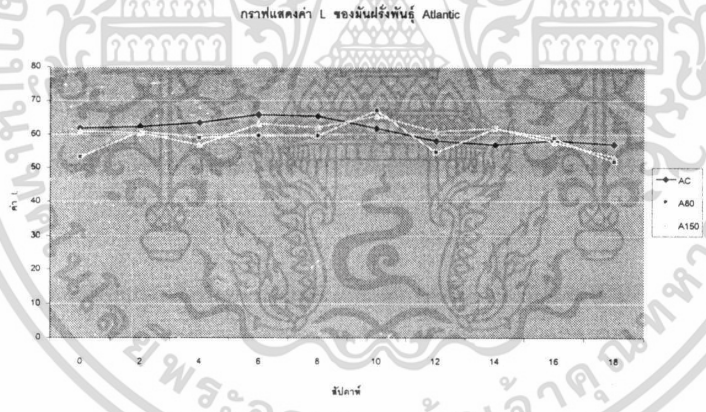
b หมายความว่า ค่าเป็นบวกแสดงความเป็นสีเหลือง ถ้าค่าเป็นลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า L จากผลการทดลองพบว่ามันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและพันธุ์เคนนิเบค ที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 และ 150 เกรย์ จะมีค่า L ที่ต่ำกว่ามันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและพันธุ์เคนนิเบค ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ดังนั้นการฉายรังสีมันฝรั่ง จึงทำให้สีของมันฝรั่งคล้ำขึ้น และมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติก จะมีค่า L สูงกว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค ดังแสดงในกราฟที่ 9 และกราฟที่ 10



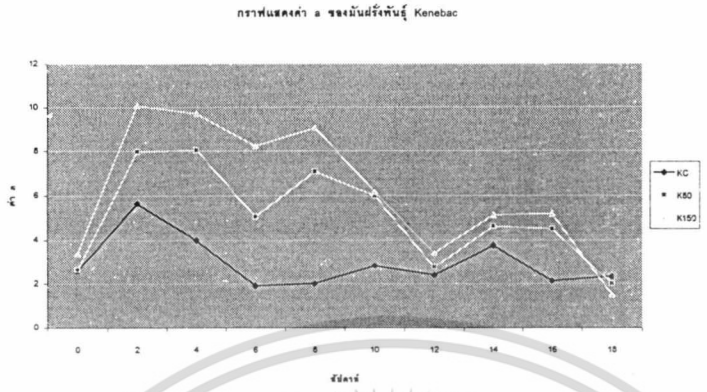
กราฟที่ 9 แสดงค่า L ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์เคนนิเบค



กราฟที่ 10 แสดงค่า L ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์แอคแลนติก

ค่า a จากผลการทดลองพบว่ามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและเคนนิเบค ที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 และ 150 เกรย์ จะมีค่า a ที่สูงกว่ามันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและพันธุ์เคนนิเบคที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ดังแสดงในกราฟที่ 11 และกราฟที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

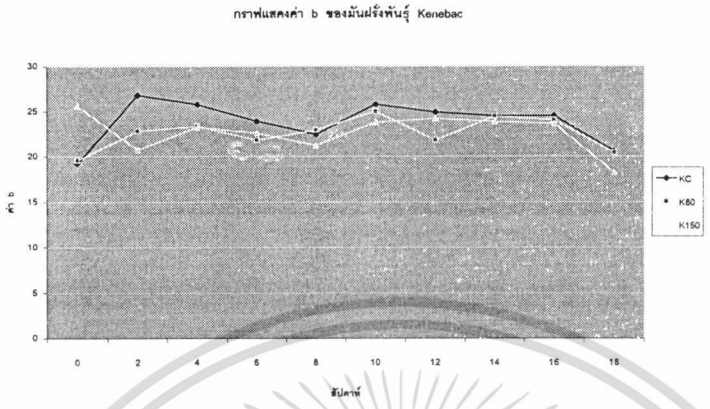


กราฟที่ 11 แสดงค่า a ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์เคนนิเบค

กราฟที่ 12 แสดงค่า a ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์แอตแลนติก

ค่า b จากผลการทดลองพบว่ามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์เคนนิเบค ที่ผ่านการฉายรังสีในระดับรังสี 80 และ 150 เกรย์ จะมีค่า b ที่ต่ำกว่ามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์เคนนิเบคที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ดังแสดงในกราฟที่ 13 และกราฟที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

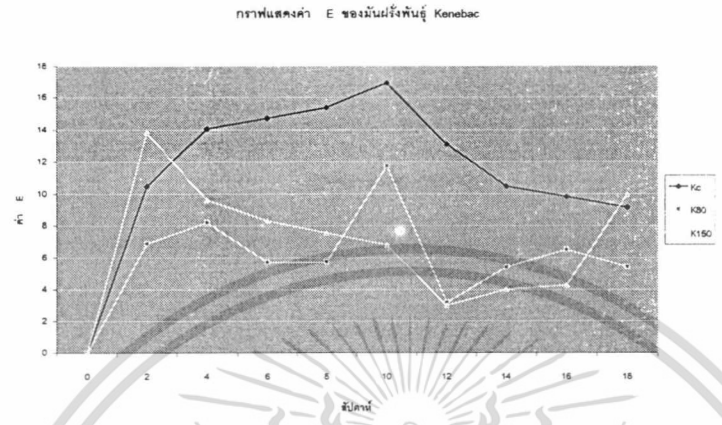


กราฟที่ 13 แสดงค่า b ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์เคนนิเบค

กราฟที่ 14 แสดงค่า b ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์แอตแลนติก

และเมื่อนำค่า L ,a , b มาหาค่าความแตกต่างของสีในรูปของ ΔE พบว่ามันฝรั่งพันธุ์ เคนนิเบคที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จะมีการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) มากกว่าชนิดอื่นๆ ดังแสดงในกราฟที่ 15 และกราฟที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



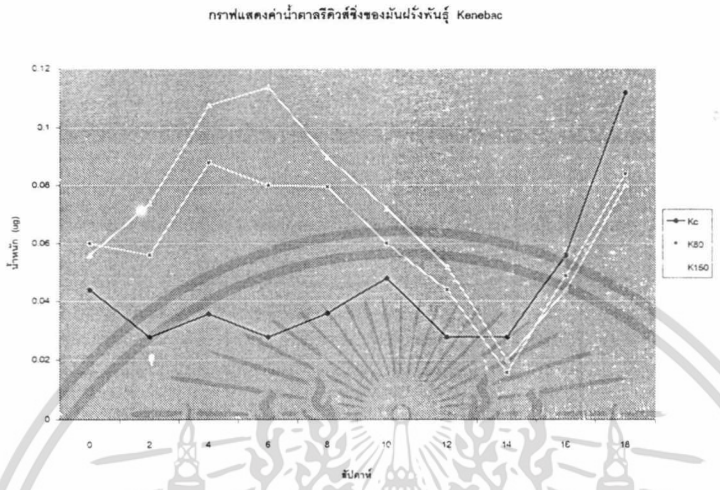
กราฟที่ 15 แสดงค่า ΔE ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์เคนนิเบค

กราฟที่ 16 แสดงค่า ΔE ของมันฝรั่งแผ่นทอดของพันธุ์แอตแลนติก

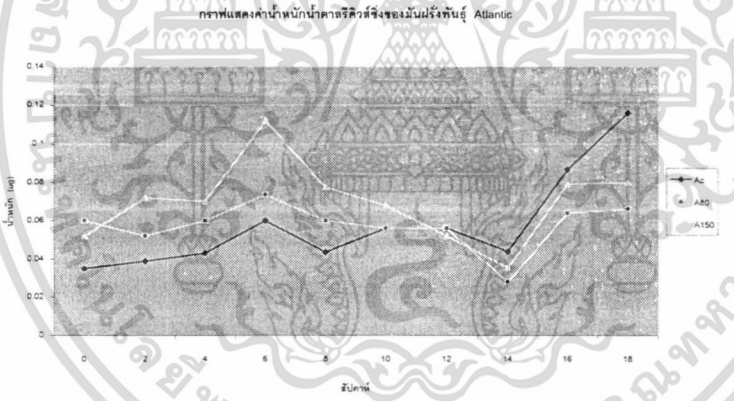
6. ตรวจสอบค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งสด

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งพันธุ์แอคแลนติกและพันธุ์เคนนิเบคที่ระดับรังสี 80 และ 150 เกรย์ และมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จะมีความแตกต่างกัน โดยพบว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคและพันธุ์แอนแลนติก ที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างๆ จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ดังแสดงในกราฟที่ 17 และกราฟที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 17 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งสดพันธุ์เคนนิเบค



กราฟที่ 18 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งสดพันธุ์แอตแลนติก

7. ตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอด

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale ของมันฝรั่งแผ่นทอด โดยทำการทดสอบทุกๆ 2 สัปดาห์ ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 0

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 0				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	6.250^{AB}	6.000^{A}	5.917^{A}	7.000^{AB}	6.083^{A}
แอคแลนติก 80 เกรย์	5.417^{AB}	5.917^{A}	5.667^{A}	5.167^{C}	5.833^{A}
แอคแลนติก 150 เกรย์	5.2850^{B}	5.667^{A}	5.500^{A}	5.500^{BC}	5.750^{A}
เคนนิเบค control	6.167^{AB}	5.167^{A}	5.583^{A}	6.750^{AB}	6.083^{A}
เคนนิเบค 80 เกรย์	6.833^{A}	6.500^{A}	5.583^{A}	7.000^{AB}	6.667^{A}
เคนนิเบค 150 เกรย์	7.000^{A}	5.917^{A}	5.750^{A}	7.167^{A}	6.500^{A}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

จากการทดลองทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าสำหรับมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกในด้านสีภายหลังการทอด เนื้อสัมผัส พบว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ให้ค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุด

ในด้านสีภายหลังการทอด และเนื้อสัมผัสนั้น เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย แล้วนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างระดับของรังสีที่แตกต่างกัน พบว่าระดับของรังสีที่สูงขึ้นสำหรับมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค การเปลี่ยนแปลงของสีภายหลังการทอด และเนื้อสัมผัส จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบมันฝรั่งพันธุ์แลตแลนติกและพันธุ์เคนนิเบค พบว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค ให้ผลในด้านคะแนนความชอบในด้านสีและด้านเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าพันธุ์แอคแลนติก

สำหรับในด้าน กลิ่น , รสชาติ , และการยอมรับโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 2

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 2				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	6.083^{A}	6.250^{A}	5.333^{A}	5.667^{AB}	6.000^{A}
แอคแลนติก 80 เกรย์	6.333^{A}	5.833^{AB}	5.083^{A}	5.917^{A}	6.083^{A}
แอคแลนติก 150 เกรย์	4.250^{B}	4.833^{B}	4.333^{A}	4.833^{AB}	4.500^{AB}
เคนนิเบค control	5.333^{A}	4.917^{B}	4.667^{A}	5.417^{AB}	4.917^{B}
เคนนิเบค 80 เกรย์	3.417^{B}	3.833^{C}	4.750^{A}	5.000^{AB}	3.417^{C}
เคนนิเบค 150 เกรย์	3.333^{B}	3.333^{C}	4.417^{A}	4.583^{B}	3.083^{C}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ในด้านสีภายหลังการทอด , รสชาติ , เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย โดยนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละระดับของรังสี พบว่า มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ผ่านการฉายรังสีในระดับ 80 เกรย์ จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับ 150 เกรย์ จึงมีผลทำให้ลักษณะการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับ 80 เกรย์ เป็นไปในลักษณะที่ดีที่สุด ส่วนในด้านรสชาติของทุกหน่วยทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 4

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 4				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	6.500^{A}	5.750^{A}	5.417^{A}	5.500^{A}	5.833^{AB}
แอคแลนติก 80 เกรย์	5.000^{B}	5.167^{AB}	4.917^{A}	4.833^{A}	5.000^{ABC}
แอคแลนติก 150 เกรย์	4.667^{B}	5.500^{B}	5.000^{A}	4.750^{A}	4.750^{BC}
เคนนิเบค control	7.000^{A}	5.917^{B}	5.667^{A}	5.333^{A}	6.083^{A}
เคนนิเบค 80 เกรย์	4.333^{B}	5.250^{C}	4.500^{A}	5.000^{A}	4.500^{C}
เคนนิเบค 150 เกรย์	3.833^{B}	4.917^{C}	4.500^{A}	4.667^{A}	4.333^{C}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

จากผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าในด้าน สีภายหลังการทอด และลักษณะโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ในด้านสีภายหลังการทอด และลักษณะการยอมรับโดยรวม เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของมันฝรั่งที่ผ่านการแปรรูป โดยการทอดแล้วทำการเปรียบเทียบในแต่ละระดับการฉายรังสี พบมันฝรั่งทั้ง 2 พันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีภายหลังการทอดที่ดีกว่าหน่วยทดลองอื่น

และในด้านรสชาติ , เนื้อสัมผัส ของทุกหน่วยทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 6

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 6				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	5.417^{A}	5.250^{A}	6.083^{A}	5.167^{BC}	5.667^{AB}
แอคแลนติก 80 เกรย์	5.917^{A}	5.500^{A}	5.667^{A}	6.583^{A}	5.667^{AB}
แอคแลนติก 150 เกรย์	5.833^{B}	5.167^{A}	4.917^{A}	6.417^{AB}	5.003^{B}
เคนนิเบค control	6.750^{A}	5.417^{A}	5.667^{A}	6.083^{ABC}	6.417^{A}
เคนนิเบค 80 เกรย์	3.583^{C}	4.417^{A}	3.667^{B}	5.083^{BC}	3.833^{C}
เคนนิเบค 150 เกรย์	3.417^{C}	4.333^{A}	3.750^{B}	4.833^{C}	3.667^{C}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

ในด้านของสีภายหลังการทอดและการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยโดยทำการเปรียบเทียบ ในแต่ละระดับความเข้มของรังสี พบว่าในระดับของรังสี 80 เกรย์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีภายหลังการทอด ในทางที่ดีกว่าระดับของรังสีที่ 150 เกรย์ แต่ไม่ต่างจากมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี แต่มันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด

ในด้านของเนื้อสัมผัส เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและนำมาเปรียบเทียบในแต่ละระดับของรังสีพบว่าในระดับรังสีที่ 80 เกรย์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสในทางที่ดีกว่าหน่วยทดลอง

ในระดับของลักษณะการยอมรับโดยรวม เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยโดยการนำมาเปรียบเทียบในแต่ละระดับของรังสีที่ฉาย พบว่าในระดับรังสีที่ 80 เกรย์ จะมีคะแนนการยอมรับโดยรวมดีกว่าและเมื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละพันธุ์พบว่าพันธุ์แอคแลนติกจะมีลักษณะการยอมรับโดยรวมที่ดีกว่าพันธุ์เคนนิเบค

ในด้านของกลิ่น , รสชาติ ส่วนใหญ่จะไม่มีความแตกต่างกันในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 8

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 8				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	5.517^{A}	5.350^{A}	6.183^{A}	5.167^{BC}	5.777^{AB}
แอคแลนติก 80 เกรย์	5.817^{A}	5.600^{A}	5.767^{A}	6.603^{A}	5.877^{AB}
แอคแลนติก 150 เกรย์	5.733^{B}	5.267^{A}	4.817^{A}	6.417^{AB}	5.123^{B}
เคนนิเบค control	6.650^{A}	5.517^{A}	5.567^{A}	6.183^{ABC}	6.417^{A}
เคนนิเบค 80 เกรย์	3.483^{C}	4.317^{A}	3.526^{B}	5.083^{BC}	3.833^{C}
เคนนิเบค 150 เกรย์	3.457^{C}	4.533^{A}	3.759^{B}	4.903^{C}	3.697^{C}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

ในด้านของสีภายหลังการทอดและการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยโดยทำการเปรียบเทียบ ในแต่ละระดับความเข้มของรังสี พบว่าในระดับของรังสี 80 เกรย์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีภายหลังการทอด ในทางที่ดีกว่าระดับของรังสีที่ 150 เกรย์ แต่ไม่ต่างจากมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี แต่มันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด

ในด้านของเนื้อสัมผัส เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและนำมาเปรียบเทียบในแต่ละระดับของรังสีพบว่าในระดับรังสีที่ 80 เกรย์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสในทางที่ดีกว่าหน่วยทดลอง

ในระดับของลักษณะการยอมรับโดยรวม เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยโดยการนำมาเปรียบเทียบในแต่ละระดับของรังสีที่ฉาย พบว่าในระดับรังสีที่ 80 เกรย์ จะมีคะแนนการยอมรับโดยรวมดีกว่าและเมื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละพันธุ์พบว่าพันธุ์แอคแลนติกจะมีลักษณะการยอมรับโดยรวมที่ดีกว่าพันธุ์เคนนิเบค

ในด้านของกลิ่น , รสชาติ ส่วนใหญ่จะไม่มีความแตกต่างกันในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 10

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 10				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	7.003^{A}	6.850^{A}	6.700^{B}	7.007^{A}	7.253^{AB}
แอคแลนติก 80 เกรย์	6.650^{A}	6.803^{A}	6.750^{AB}	7.167^{A}	7.000^{AB}
แอคแลนติก 150 เกรย์	6.530^{A}	6.590^{A}	7.083^{AB}	7.000^{A}	6.599^{B}
เคนนิเบค control	6.250^{A}	7.107^{A}	7.583^{A}	6.957^{A}	6.917^{AB}
เคนนิเบค 80 เกรย์	6.833^{A}	5.997^{A}	7.583^{A}	7.250^{A}	7.583^{AB}
เคนนิเบค 150 เกรย์	7.100^{A}	6.023^{A}	7.600^{AB}	7.000^{A}	7.500^{A}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

จากผลการทดลองทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอด พบว่าในด้านสีภายหลังการทอด , กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ส่วนใหญ่จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 13 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 12

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 12				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	7.083^{A}	6.750^{A}	6.667^{B}	7.417^{A}	7.333^{AB}
แอคแลนติก 80 เกรย์	6.750^{A}	6.833^{A}	6.750^{AB}	7.167^{A}	7.000^{AB}
แอคแลนติก 150 เกรย์	6.530^{A}	6.500^{A}	7.083^{AB}	7.000^{A}	6.583^{B}
เคนนิเบค control	6.250^{A}	7.167^{A}	7.583^{A}	6.917^{A}	6.917^{AB}
เคนนิเบค 80 เกรย์	6.833^{A}	5.917^{A}	7.583^{A}	7.250^{A}	7.583^{AB}
เคนนิเบค 150 เกรย์	7.250^{A}	6.333^{A}	7.583^{AB}	7.000^{A}	7.667^{A}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

จากผลการทดลองทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอด พบว่าในด้านสีภายหลังการทอด , กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ส่วนใหญ่จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 14 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 14

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 14				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	5.750^{B}	6.250^{A}	6.583^{A}	5.833^{B}	6.000^{C}
แอคแลนติก 80 เกรย์	7.167^{A}	6.500^{A}	6.667^{A}	6.833^{AB}	6.917^{AB}
แอคแลนติก 150 เกรย์	7.333^{A}	7.083^{A}	6.917^{A}	7.500^{A}	7.417^{A}
เคนนิเบค control	7.000^{A}	6.833^{A}	7.000^{A}	6.333^{B}	6.583^{ABC}
เคนนิเบค 80 เกรย์	7.583^{A}	6.833^{A}	6.750^{A}	6.833^{AB}	7.167^{A}
เคนนิเบค 150 เกรย์	5.833^{B}	6.833^{A}	6.167^{A}	6.083^{B}	6.250^{BC}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

จากผลการทดลองทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอด พบว่าในด้านสีภายหลังการทอด , กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ส่วนใหญ่จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 16

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 16				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	6.147^{C}	6.667^{A}	6.750^{B}	6.750^{A}	6.667^{A}
แอคแลนติก 80 เกรย์	6.667^{BC}	6.917^{A}	6.750^{B}	7.250^{A}	7.417^{AB}
แอคแลนติก 150 เกรย์	7.917^{A}	6.917^{A}	7.583^{A}	7.083^{A}	7.500^{A}
เคนนิเบค control	6.167^{C}	6.667^{A}	7.000^{AB}	6.583^{A}	6.917^{AB}
เคนนิเบค 80 เกรย์	7.167^{B}	6.750^{A}	7.500^{A}	6.750^{A}	7.250^{AB}
เคนนิเบค 150 เกรย์	6.500^{C}	6.500^{A}	6.500^{B}	6.667^{A}	6.750^{BC}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

ในด้านสีภายหลังการทอด , รสชาติ และการยอมรับโดยรวม พบว่าเมื่อระดับของรังสีที่ใช้เป็น 150 เกรย์ จะให้ค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุด

และในด้านกลิ่น , เนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ตารางที่ 16 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 18

พันธุ์	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งในสัปดาห์ที่ 18				
	สีภายหลังการทอด	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
แอคแลนติก control	6.250^{B}	6.883^{A}	6.333^{A}	6.500^{AB}	6.583^{B}
แอคแลนติก 80 เกรย์	5.083^{C}	5.333^{B}	4.833^{B}	5.667^{B}	5.083^{C}
แอคแลนติก 150 เกรย์	4.583^{C}	5.750^{B}	5.167^{B}	6.000^{B}	5.333^{C}
เคนนิเบค control	7.083^{A}	6.833^{A}	7.083^{A}	7.417^{A}	7.583^{A}
เคนนิเบค 80 เกรย์	6.667^{AB}	7.083^{A}	7.167^{A}	7.250^{A}	7.500^{A}
เคนนิเบค 150 เกรย์	6.750^{AB}	6.833^{A}	7.000^{A}	7.167^{A}	7.333^{A}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ($p<0.05$)

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าด้านสีภายหลังการทอด , กลิ่น , เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ด้านสีภายหลังการทอด ,กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม สำหรับมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย เมื่อทำการเปรียบเทียบกันในแต่ละระดับของรังสี พบว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดและสำหรับมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค ให้สีภายหลังการทอด , กลิ่น ,รสชาติ , เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ไม่แตกต่างกันในทุกหน่วยทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์การงอก

จากการศึกษา เปอร์เซ็นต์การงอกของมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับความเข้ม 80 และ 150 เกรย์ และไม่ผ่านการฉายรังสี ดังแสดงในกราฟที่ 1 และกราฟที่ 2 พบว่าในช่วง 9 สัปดาห์แรก มันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสี จะมีการงอกเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ระดับรังสี 80 เกรย์ แต่เมื่อหลังจาก 9 สัปดาห์ไปแล้วจะพบว่า เปอร์เซ็นต์ การงอกของมันที่ฉายรังสี จะมี เปอร์เซ็นต์ การงอกเท่ากับ 0 % และมันฝรั่งที่ไม่ฉายรังสีจะมีเปอร์เซ็นต์ การงอก 100 % ภายในระยะเวลา 9 สัปดาห์ดังนั้น การฉายรังสีจึงสามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่งได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวไว้ข้างต้นโดย Mathur,1969 ได้กล่าวว่า การฉายรังสี ในระดับความเข้ม 100 เกรย์ จะสามารถยับยั้งการงอกของมันฝรั่งได้

2. ความถ่วงจำเพาะ

จากการศึกษา พบว่ามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสีมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงกว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค ทั้งที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี และพบอีกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีจะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ต่ำกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีเล็กน้อย

จากการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่ามันฝรั่งฉายรังสีถึงแม้จะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ลดต่ำลงแต่ก็ยังมีความความถ่วงจำเพาะที่มากกว่า 1.070 ตลอดระยะเวลาการทดลอง ดังนั้นมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีจึงเหมาะสมที่จะนำไปแปรรูปเป็นมันแผ่นทอด ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีข้างต้นซึ่ง Brow,1960 พบว่ามันฝรั่งที่เหมาะสมในการนำมาทอดนั้นความมีค่าความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 1.070

3. เปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิ

จากการศึกษามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีในระดับ 80 และ 150 เกรย์ และที่ไม่ผ่านการฉายรังสีพบว่า เปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 20 สัปดาห์ และยังพบอีกว่า เปอร์เซ็นต์การเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำหนิของมันฝรั่งที่ฉายและไม่ฉายรังสีมี เปอร์เซ็นต์การเกิดตำหนิที่ลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีมันฝรั่งไม่มีผลต่อการเกิดตำหนิของมันฝรั่งจากการศึกษา จึงสอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวไว้ข้างต้นโดย Nair et al,1973 กล่าวว่า รังสีขนาด 100 เกรย์ สามารถยังยั้งการงอกรวมทั้งทำลายไข่และตัวหนอนที่กัดกินมันฝรั่งได้ด้วยและถ้าเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิ 15 - 20 องศาเซลเซียส จะช่วยลดอัตราการเน่าเสียได้

4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งสด

จากการศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์เคนนิเบค ทั้งที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง ผลการทดลองจากกราฟที่ 7 และกราฟ 8 จะเห็นได้ว่าในช่วง 8 สัปดาห์แรก อัตราการสูญเสียน้ำหนักมีค่าที่เพิ่มขึ้นที่ใกล้เคียงกับมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี แต่ในช่วง สัปดาห์ที่ 12 มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์เคนนิเบคที่ไม่ฉายรังสีมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ามันที่ฉายรังสี ในระดับความเข้ม 80 และ 150 เกรย์จนเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนมันที่ฉายรังสี ในระดับความเข้ม 80 และ 150 เกรย์

จากการตรวจสอบลักษณะภายนอกของมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ฉายรังสี พบว่ามันที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จะมีผิวที่เหี่ยวย่นมาก และเกิดการงอกของราก และมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสี ในระดับ 80 และ 150 เกรย์ จะยังคงมีลักษณะปรากฏภายนอกที่ดีอยู่คือ ผิวไม่เหี่ยวย่น และไม่เกิดการงอกของราก

จากการศึกษาจึงทำให้ทราบว่า การสูญเสียน้ำหนักของมันฝรั่งมีความสัมพันธ์กับการงอกของมันฝรั่งและลักษณะปรากฏภายนอก

5. ค่าสีภายหลังการทอดของมันฝรั่งแผ่นทอด

จากผลการทดลองวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) ในระบบ Hunter อ่านค่าออกมาในรูปของค่า L , a , b พบว่ามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพนธุ์เคนนิเบค ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี เมื่อผ่านการทอดแล้วจะมีค่า L , a , b ที่แสดงให้เห็นว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือมีสีที่ไม่คล้ำเกินไปจนผู้บริโภคยอมรับได้ และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและเคนนิเบคที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จะมีค่าเฉลี่ยจากคะแนนความชอบในด้านสีตลอดการทดลอง จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.025 และ 6.468 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าค่าคะแนนความชอบมีความสัมพันธ์กับค่า L ,a , b ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสี จากความสัมพันธ์ของความถ่วงจำเพาะกับค่าสีของมันฝรั่งทอด จะเห็นได้ว่ามันฝรั่งพันธุ์แอนแลนติกที่ไม่ผ่านฉายรังสีจะมีค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าสี และความชอบของผู้บริโภคในด้านของสีจะดีกว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีซึ่งสอดคล้องกับ Smith ที่กล่าวไว้ว่า มันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะที่ดีกว่ามันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ เพราะความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีผลทำให้แผ่นมันฝรั่งทอดมีผลให้ผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากจะมีการงอกของแผ่นมันฝรั่งขณะทำการทอด และค่าสียังมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลอีกด้วย ซึ่งจะกล่าวต่อไป

6. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งสด

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง จะมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของสีภายหลังการทอดเป็นไปในทางที่ดีขึ้น มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก และ พันธุ์แคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีในระดับที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมันฝรั่งในแต่ละระดับของรังสีของมันทั้ง 2 พันธุ์ มีความสัมพันธ์กับค่าสีของแผ่นมันฝรั่งทอด โดยพบว่า เมื่อระดับของรังสีสูงขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้นและทำให้ค่าสีของมันฝรั่งทอดลดลงซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวไว้ในตรวจเอกสารว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระดับที่ต่ำกว่า 250 มิลลิกรัมต่อมันฝรั่ง 100 กรัม ของมันฝรั่งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำมันฝรั่งทอดจะไม่ทำให้เกิดสีน้ำตาลคล้ำ แต่ถ้าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงกว่า 250 มิลลิกรัมต่อมันฝรั่ง 100 กรัม ของมันฝรั่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของมันฝรั่ง

7. ทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งแผ่นทอด

จากผลการทดสอบพบว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในช่วงแรก ผู้บริโภคมีการยอมรับที่น้อยกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี แต่หลังจากนั้นทั้งมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ผ่านการฉายรังสี จะไม่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าพิจารณาถึงค่าคะแนนเฉลี่ยแล้วมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีพบว่าจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อนำมันฝรั่งพันธุ์ แอตแลนติก และ เคนนิเบค มาผ่านการฉายรังสีในระดับ 80 และ150 เกรย์ และไม่ผ่านการฉายรังสี ในด้านของการงอกเมื่อทำการเก็บรักษาที่ห้องเย็นที่อุณหภูมิ 10 – 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % พบว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีจะมีการงอกของรากในช่วงระยะเวลา 0 - 12 สัปดาห์ ซึ่งรากดังกล่าวจะมีขนาดเล็กและสั้นๆ และหลังจาก 12 สัปดาห์ผ่านไปแล้วจะพบว่า รากที่งอกนั้นจะเกิดการเหี่ยวแห้งและตายในที่สุด สำหรับมันฝรั่งทั้งสองพันธุ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จะมีรากงอกตลอดการทดลอง โดยพบว่า มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก จะมีรากงอกที่ยาวกว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค อย่างเห็นได้ชัด และเมื่อทำการวัดความถ่วงจำเพาะ ตำหนิ และปริมาณการสูญเสียน้ำหนัก พบว่าความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างๆ กันนั้น ทั้งสองพันธุ์ พบว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงกว่ามันฝรั่งที่ทำการฉายรังสี และที่ระดับของรังสีที่ 80 และ 150 เกรย์ ค่าความถ่วงจำเพาะจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะระหว่างพันธุ์แอตแลนติกกับพันธุ์เคนนิเบค พบว่ามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกจะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงกว่ามันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบค ในด้านตำหนิพบว่า มันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างๆ กัน ทั้งสองพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันมากแต่ตลอดระยะเวลาทดลอง ค่าตำหนิจะมีค่าที่ลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ในด้านของปริมาณการสูญเสียน้ำหนักพบว่า มันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างๆกัน ทั้งสองพันธุ์พบว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีการเสียน้ำหนักที่มากกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสี ซึ่งจะทำให้มันที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีลักษณะที่เหี่ยวและแห้ง จึงทำให้เกิดปัญหาในด้านการปอกเปลือกเป็นอย่างมาก โดยพบว่าเมื่อระดับของรังสีที่เพิ่มสูงขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณการสูญเสียน้ำหนักมีค่าลดลง และหลังจากนั้นนำมันฝรั่งทั้งสองพันธุ์ในระดับรังสีต่างๆ กัน มาทำการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่ามีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้นในช่วงสามเดือนแรกและหลังจากนั้นจะมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี และจากนั้นนำมันฝรั่งทั้งสองพันธุ์ในแต่ละระดับของรังสี มาทำการทอดและวัดค่าสีของชิ้นมันฝรั่งแผ่นทอด โดยใช้เครื่องวัดสีในระบบ Hunter อ่านค่าออกมาในรูปของ L ,a , b พบว่ามันฝรั่งที่ไม่ฉายรังสีจะมีสีที่ดีกว่ามันฝรั่งที่ฉายรังสีในระดับต่างๆ ในช่วงสามเดือนแรก ซึ่งค่าสีดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับการให้ค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภค ในด้านของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบประสาทสัมผัส พบว่าค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านสีภายหลังการทอดของมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก และพันธุ์เคนนิเบค จะมีค่าคะแนนโดยเฉลี่ยประมาณ 7.0625 และ 6.4875 ตามลำดับ ซึ่งค่าคะแนนเฉลี่ยของมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีค่าสูงกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีในแต่ละระดับ ของทั้งสองพันธุ์ในช่วงสามเดือนแรก และจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีภายหลังการทอด กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยพบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมากกว่า มันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับต่างๆ กันในช่วงสามเดือนแรกและแต่หลังจากนั้นทั้งมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ผ่านการฉายรังสีจะไม่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าพิจารณาถึงค่าคะแนนเฉลี่ยแล้วพบว่ามันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ

ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ . 2540 . ศูนย์ฉายรังสีและผลผลิตการเกษตร . สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . กรุงเทพฯ (เอกสารโรเนียว)

พิไลวรรณ บุษดี . 2541 . อิทธิพลของการฉายรังสีที่มีผลต่อจุลินทรีย์และคุณภาพอาหาร . รายงานสัมมนาระดับปริญญาตรี . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ

วชิรา พริ้งศุลกะ. 2525. การยับยั้งการงอกของมันฝรั่งด้วยรังสีแกมมา.วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร

วชิรา พริ้งศุลกะ. 2526. ผลของรังสีต่อคุณค่าทางอาหารของมันฝรั่งฉายรังสี.วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร

วราวุฒิ ครูส่ง.2538.จุลชีววิทยาในการแปรรูปอาหาร.กรุงเทพฯ:โอเอสพริ้นติ้งเฮ้าส์

อรรถยา ว่องพิบูลพร . 2541 . การลดการเปลี่ยนแปลงสีของมันฝรั่งทอด . รายงานสัมมนาระดับปริญญาตรี . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ

Burton , W.G , 1966. The Potato , Second Edition , Wageningen Holland. P. 200-202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lisinska , G. and Leszczynski , W. 1989. Potato processing Potato Science Technology

Lynch , J.A. , Mac Fie , H.J.H and Mead , G.C. 1991. Effact of irradiationand packaging type on sensoryquality of chill stored turkey breast fillets. International Journal of food science and technology , 26. , 653-668

Mookherjee , D.B. , Deck , R.E. , and chang , s.s. 1965. Relationship between Monocarbonyl Compounds and Flavour of potato chips. J.Agr.and food Chem 13 . No.2 , 131-134

Smith , O. , and Davis , Carl . O. , 1986. Potato processing potato production , Storing , Processing , AVI Westport , Connecticut , P. 559-569

Smith , O , 1968. Potatochips Potato Processing Potato Production , storing AVI Westport , Connecticut. P. 262-329

Sulunkhe , D.K , Kadam , S.S. and Jadhan , S.J. 1991. Potato Processing , Potato Production Processing and product. , P. 115-123

Treadway , R.H. , 1959. The role of fats in potato chips . Potatochipper ,19 , No. 2 , P.48-59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ก)

ตารางผลการทดสอบการชิม
แบบ Hedonic scale

ชื่อผลิตภัณฑ์ Potato chips

วันที่.....

คำชี้แจง

โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้และให้ระดับคะแนนแต่ละตัวอย่าง ใช้สกเลที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าดีหรือไม่ ในระดับใด

การแสดงความรู้สึกของท่านอย่างแท้จริงจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการทดลองครั้งนี้

รหัสตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ / ลักษณะของผลิตภัณฑ์						
สี						
กลิ่น						
รสชาติ						
เนื้อสัมผัส						
ลักษณะโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ.....

.....

คะแนน

9 = ดีเยี่ยม	6 =ดีพอใช้	3 = ไม่ดี
8 = ดีมาก	5 = พอใช้	2 = ไม่ดีอย่างมาก
7 = ดี	4 = เกือบพอใช้	1 = ใช้ไม่ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก(ข)

แสดงแบบทดสอบลักษณะกายภาพของมันฝรั่ง

วันที่ ..... Lot No .....

ลักษณะภายนอก.....

.....

.....

ขนาด ใหญ่ > 6.8 cm 1..... 2. .....

กลาง 4.6-6.8 cm 1..... 2. .....

เล็ก < 4.6 cm 1..... 2. .....

เปอร์เซนต์การเกิดตำหนิ 1..... 2. .....

ถ่วงจำเพาะ (น้ำหนักมัน 3.636) 1..... 2. .....

Total solid 1..... 2. .....

Chip color (แผ่นเทียบสี) 1..... 2. .....

(Color meter) 1..... 2. .....

น้ำหนกเก่า ..... น้ำหนักใหม่ .....

เปอร์เซนต์การสูญเสีย..... เปอร์เซนต์การงอก.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก(ค)

ความหมายของค่าสีในระบบ Hunter (L , a , b)

ค่า Hunter L (Lightness) เป็นค่าความสว่างมีค่าตั่งแต่ 0-100

โดยค่า L เท่ากับ 0 เป็นค่าที่มืดที่สุด

ค่า L เท่ากับ 100 เป็นค่าที่สว่างมากที่สุด

ค่า Hunter a เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดง และความเป็นสีเขียว

โดยที่ค่า Hunter a เป็นค่าบวก แสดงความเป็นสีแดง

ค่า Hunter a เป็นค่าลบ แสดงความเป็นสีเขียว

ค่า Hunter b เป็นค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและความเป็นสีน้ำเงิน

โดยที่ค่า Hunter b เป็นค่าบวก แสดงความเป็นสีเหลือง

ค่า Hunter b เป็นค่าลบ แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

ΔE (Total Difference) คือค่าแสดงความเปลี่ยนแปลงของสี คำนวนได้จาก

$$\Delta E \text{ (Total Difference)} = \sqrt{(\Delta L^{2+} \Delta a^{2+} \Delta b^{2})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก(ง)

แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ Hexose , Pentose , Ketose โดยวิธี Phenol - sulphulic acid assay

ความเข้มข้นที่สามารถวัดได้โดยใช้ น้ำตาลกลูโคสเป็นสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1-60 ไมโครกรัม ในน้ำกลั่น 200ไมโครลิตร

ปริมาตรสุดท้ายที่วัดได้ = 1 : 4 ml

อุปกรณ์และสารเคมี

1. Spectophotometer (Model CECIL 292)
2. Centrifuge (JOUAN Model GR 4.11)
3. Phenol (5% w/v)
4. Sulfulic acid conc.
5. Glucose

วิธีการเตรียม reagent

1. ชั่ง Phenol 5 g ละลายในน้ำกลั่น 100ml (5 %w/v)
2. กรด Sulfuric conc.

วิธีการเตรียมสารละลายมาตราฐาน

1. ทำ stock solution 0.03 % (w/v) (60 ไมโครกรัม ต่อ 200ไมโครลิตร)

2. ทำการเจือจางสารละลายในข้อ 1. โดยทำความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1-60 ไมโครกรัม ต่อ 200ไมโครลิตร การเจือจางจะใช้ตามอัตราส่วน 1 : 1 ของในแต่ละความเข้มข้น จากมากไปหาน้อยและผสมน้ำกลั่นให้ได้ตามอัตราส่วนให้ได้ความเข้มข้นดังนี้

ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อ 200 ไมโครลิตร

ความเข้มข้น 15 ไมโครกรัมต่อ 200 ไมโครลิตร

ความเข้มข้น 7.25 ไมโครกรัมต่อ 200 ไมโครลิตร

ความเข้มข้น 3.625 ไมโครกรัมต่อ 200 ไมโครลิตร

ความเข้มข้น 1.812 ไมโครกรัมต่อ 200 ไมโครลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.25 % (w/v) ในน้ำกลั่น
2. นำไปปั่นใน centrifuge ที่ความเร็วสูงสุด อุณหภูมิ 10 °c เวลา 15 นาที
3. นำสารละลายที่ได้ในข้อ 2. ไปทำการทดสอบต่อไป

วิธีการวิเคราะห์

1. นำสารละลายตัวอย่าง สารละลายมาตราฐาน Control (น้ำกลั่น) มาเติม reagent A 200ml
2. เติม reagent B 1.0 ml อย่างรวดเร็ว และให้สัมผัสผิวหน้าของสารละลายตัวอย่างโดยตรง
3. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ก่อนเขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นทิ้งไว้ 30 นาที
4. นำสารละลายในข้อ 3. ไปทำการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร
5. นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตราฐาน ระหว่างค่าความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนของแสงที่ได้ แล้วนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตราฐานต่อไป เพื่อจะได้ทราบปริมาณน้ำตาลดังกล่าว ตามวิธีการเช่นเดียวกับ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (จ)

แสดงค่า Uniforminty

คำนวณค่า Uniforminty ได้จากสูตรดังนี้

Uniforminty = Dose max/Dose min

โดยการทดลองครั้งนี้ได้ค่า Uniforminty = 1.4

และ ค่า Doserate = 7.4 Gray/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ฉ)

ภาพแสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่ง

ภาพแสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีและมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีที่ 80 เกรย์

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์เคนนิเบคที่ผ่านการฉายรังสีที่ 150 เกรย์

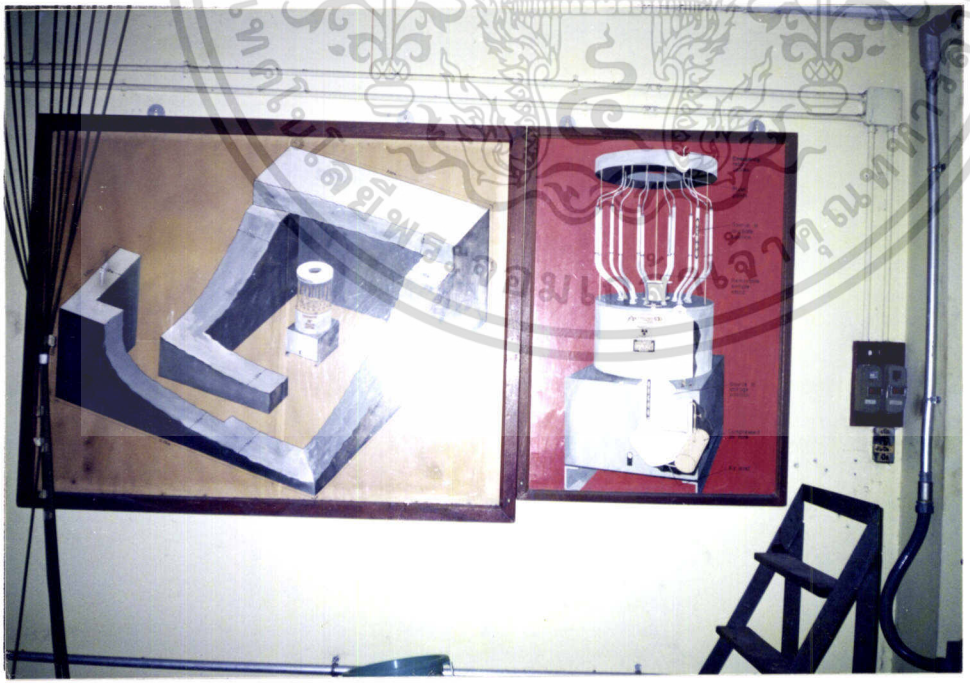
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ผ่านการฉายรังสีที่ 80 เกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะปรากฏของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ผ่านการฉายรังสีที่ 150 เกรย์



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะของเครื่องฉายรังสีและห้องฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายเกรียงไกร พรมมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยาหันตรา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2542

นายอัศวิน จตุรงค์พลาธิปัต สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากสถาบันราชภัฏธนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2542

เกรียงไกร พรมมา

อัศวิน จตุรงค์พลาธิปัต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้