1881

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อคุณภาพน้ำผลไม้
(Ultraviolet Irradiation Effects on Quality of Fruit Juice)

โดย

นางสาวปิยนุช ธิราชเกื้อกูล
นางสาวปุณณา จารุรัตน์
นางสาวรัชนก สัมฤทธิ์สุทธิ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล..... 24 / มิถุนายน / 2541
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล)

- 4 มิ.ย. 2542

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 1 **เดือน** มิถุนายน **พ.ศ.** 2541

ปพ.
ป 621 ผ
2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15455

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อคุณภาพน้ำผลไม้

(Ultraviolet Irradiation Effects of Quality of fruit Juice)

T097074

นางสาวปิยนุช ธิราชเกื้อกูล
นางสาวปุณณา จารุรัตน์
นางสาววรัชนก สัมฤทธิ์สุทธิ์

ป/พ.
ป 621 ผ
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 97074
วัน,เดือน,ปี..... 5 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล ปุณณา จารุรัตน์ และ รัชนก สัมฤทธิ์สุทธิ์ . 2542 : ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อคุณภาพน้ำผลไม้ (Ultraviolet Radiation Effect on Quality of Fruit Juice)
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ระจิตร จุธากรณ์ , 64หน้า

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยเปรียบเทียบระยะเวลาที่รังสีอัลตราไวโอเลตสัมผัสกับน้ำฝรั่งคั้นสด 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ความหนาของน้ำฝรั่งที่สัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลต เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ที่เวลา 0 , 5 , 10 และ 15 นาที แล้วนำน้ำฝรั่งที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเล็ต กับน้ำฝรั่ง คือ 5 นาที และเมื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำฝรั่งภายหลังการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต 5 นาที ที่อุณหภูมิ 8 - 10 °ซ พบว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 - 10 °ซ ได้นาน 6 วันเท่ากับน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี โดยผลทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รส และความข้นใกล้เคียงกัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด มีแนวโน้มสูงขึ้น
ค่า pH และปริมาณวิตามินซี มีแนวโน้มลดลง และยังสามารถลดปริมาณเชื้อทั่วไปและเชื้อโคลิฟอร์มให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล
ปุณณา จารุรัตน์
รัชนก สัมฤทธิ์สุทธิ์ ---------- ---------- 14 มิ.ย. 2542

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ระจิตร จุฬากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา และอาจารย์กรรมการ อาจารย์นิตยา บุญมี ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ และชี้แนะแนวทางต่างๆอันจะเป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ของข้าพเจ้าที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีในด้านการศึกษามาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า ขอบคุณพี่นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความสะดวกในด้านต่างๆ ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล
ปุณณา จารุรัตน์
รัชนก สัมฤทธิ์สุทธิ์
มีนาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตารางภาคผนวก	VIII
สารบัญภาพภาคผนวก	IX
บทที่ 1. บทนำ	1
บทที่ 2. การตรวจเอกสาร	3
2.1 น้ำผลไม้	3
2.1.1 ความหมายน้ำผลไม้	3
2.1.2 ประโยชน์และความสำคัญน้ำผลไม้	3
2.1.3 การเก็บรักษาน้ำผลไม้	4
2.2 รังสีอัลตราไวโอเลต	5
2.2.1 ประเภทของรังสีอัลตราไวโอเลต	6
2.2.2 แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลต	6
2.2.3 ประโยชน์ของรังสีอัลตราไวโอเลต	7
2.2.4 โทษของรังสีอัลตราไวโอเลต	11
2.3 ผลของรังสีอัลตรไวโอเลตต่อแบคทีเรีย ยีสต์ และ รา	13
บทที่ 3. อุปกรณ์และวิธีทดลอง	15
3.1 วัตถุดิบ	15
3.2 อุปกรณ์	15
3.3 เครื่องมือ	15
3.4 สารเคมี	16
3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 วิธีทดลอง	16
3.6.1 ศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี กับน้ำฝรั่งคั้นสด	16
3.6.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสี	20
บทที่ 4. ผลและอภิปลายผลการทดลอง	21
4.1 ผลการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสีกับน้ำฝรั่งคั้นสด	21
4.2 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำฝรั่งคั้นสดที่ผ่านการฉายรังสี	34
บทที่ 5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก การตรวจหา Coliform Bacteria และ Escherichia coli ในอาหาร	41
ภาคผนวก ข การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส และการวิเคราะห์ผลทางสถิติ	48
ภาคผนวก ค ภาพแสดงขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองด้านจุลินทรีย์	60
ประวัติผู้เขียน	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1.1.1 แสดงคะแนนการยอมรับค่าสีของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต เป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	21
4.1.1.2 แสดงค่าของกลิ่นที่วัดจากน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลตเป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	22
4.1.1.3 แสดงค่าของรสชาติที่วัดจากน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลตเป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	22
4.1.1.4 แสดงค่าความขุ่นที่วัดจากน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลตเป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	23
4.1.2.1. แสดงค่าความเป็นกรดด่างที่วัดจากน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต เป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	24
4.1.2.2. แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่วัดจากน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสี อัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	26
4.1.2.3 แสดงค่าความเป็นกรดที่วัดจากน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต เป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	28
4.1.2.4 แสดงปริมาณวิตามินซีที่วัดจากน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต เป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที	29
4.1.3.1 แสดงปริมาณเชื้อทั่วไปในน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลตเป็นเวลา 0,5,10 และ 15 นาที ในครั้งที่ 1-5	30
4.1.3.2 . แสดงปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มในน้ำฝรั่งโดยแปรผลเป็นแบบ MPN ครั้งที่ 1- 5	32
4.1.3.3 แสดงผลการตรวจสอบยืนยันเชื้อ อี. โคไล ของน้ำฝรั่ง	34
4.2.1.1 แสดงค่าทางกายภาพของน้ำฝรั่งที่เก็บรักษา	34
4.2.1.2 แสดงค่าทางเคมีของน้ำฝรั่งที่เก็บรักษา	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. แสดงสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า **5**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก ข ที่	หน้า
1. ตาราง ANOVA แสดงค่าการยอมรับของสีน้ำฝรั่ง ครั้งที่ 1-5	50
2. ตาราง ANOVA แสดงค่าการยอมรับของกลิ่นน้ำฝรั่ง ครั้งที่ 1-5	51
3. ตาราง ANOVA แสดงค่าการยอมรับของรสชาตินำ้ฝรั่ง ครั้งที่ 1-5	52
4. ตาราง ANOVA แสดงค่าการยอมรับของความขุ่นน้ำฝรั่ง ครั้งที่ 1-5	53
5. ตาราง ANOVA แสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายและ ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต ครั้งที่ 1-5	55
6. ตาราง ANOVA แสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายและ ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต ครั้งที่ 1-5	56
7. ตาราง ANOVA แสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีและ ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต ครั้งที่ 1-5	57
8. ตาราง ANOVA แสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีและ ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต ครั้งที่ 1-5	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่	หน้า
1. แสดงวัตถุดิบที่ใช้ (ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่)	60
2. แสดงน้ำฝรั่งขณะบรรจุอยู่ในเครื่องฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต	61
3. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ Indole	61
4. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ MR	62
5. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ VP	62
6. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ Citrate	63
7. แสดงน้ำฝรั่งบรรจุในภาชนะบรรจุขวดแก้วใสมีฝาปิด	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันน้ำผลไม้คั้นสด ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมบริโภคเพิ่มมากขึ้น และมีปริมาณความต้องการของตลาดเครื่องดื่มอยู่ในระดับสูง เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สะดวกในการซื้อรับประทาน และความสดโดยธรรมชาติของ สี กลิ่น ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ขยายและเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะน้ำฝรั่งเนื่องจากฝรั่งเป็น ผลไม้ที่ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ ให้ผลผลิต สม่ำเสมอตลอดปี ราคาถูก มีวิตามินเอและวิตามินซี โดยเฉพาะวิตามินซี มีมากกว่ามะนาว 4 เท่า ป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน ต้านทานโรคหวัดได้อย่างดี ในฝรั่งมีเพคตินจำนวนมาก ซึ่งมีสรรพคุณทางยาช่วยเคลือบลำไส้ ใช้ในการทำแยม เยลลี่ ปัญหาสำคัญของน้ำฝรั่งสดและน้ำผลไม้อื่น ๆ คือ มีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ที่ปะปนมาจากผิวของฝรั่ง อุปกรณ์ในการผลิต ระหว่างขั้นตอนการผลิตเชื้อจุลินทรีย์ยังทำให้น้ำฝรั่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค จึงต้องผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

ในปัจจุบันวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมทำกันมีอยู่หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) การสเตอร์ริไลซ์ (sterilization) การแช่เย็น (chilling) การแช่แข็ง (freezing) การใช้ความร้อนเป็นวิธีที่เก่าแก่และมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมจุลินทรีย์ แต่ขณะเดียวกันก็มีผลต่อรสชาติ สี กลิ่นทำให้น้ำผลไม้เปลี่ยนไปในทางที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ คุณค่าทางโภชนาการลดลง เช่น ปริมาณวิตามิน ซี โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน การใช้รังสีอัลตร้าไวโอเลต เป็นอีกวิธีหนึ่งที่อาจนำมาใช้ในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ได้ โดยรังสีที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 220 – 280 นาโนเมตรหรือที่เรียกว่า UV – C สามารถฆ่าและยับยั้งจุลินทรีย์บางชนิดที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (ค้อน, 2527) ปัจจุบันมีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในการฆ่าเชื้อ และยับยั้งจุลินทรีย์บางชนิดที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ซึ่งหากมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาประกอบกับการหาสภาวะที่เหมาะสมในการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเล็ตกับน้ำผลไม้ จะช่วยให้สามารถรักษาคุณภาพด้านต่าง ๆ ของน้ำผลไม้ โดยเฉพาะคุณภาพด้านความสด และเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ และอาจนำไปใช้ในการผลิตน้ำผลไม้ในระดับอุตสาหกรรม

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงศึกษาการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้ด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเล็ต โดยศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต ศึกษาผลกระทบจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสีอัลตราไวโอเลตต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ตลอดจนศึกษาหาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำฝรั่งฉายรังสีอัลตร้าไวโอเล็ตขณะเก็บรักษา เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำรังสีอัลตร้าไวโอเล็ตมาใช้ในการฆ่าเชื้อในน้ำผลไม้ และเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตน้ำผลไม้ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้ด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเล็ต โดยเปรียบเทียบ คุณภาพของน้ำผลไม้ก่อน และหลังการฆ่าเชื้อด้วยใช้รังสีอัลตร้าไวโอเลต
2. เพื่อศึกษาผลของรังสีอัลตร้าไวโอเลตต่อปัจจัยคุณภาพ โดยเปรียบเทียบระยะเวลาการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำรังสีอัลตร้าไวโอเลตมาใช้ในการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้แทนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 น้ำผลไม้

2.1.1 ความหมายของน้ำผลไม้

ประชา (2539) ได้กล่าวถึงความหมายของน้ำผลไม้ (juice) ไว้ว่า น้ำผลไม้จัดเป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่นรสของน้ำผลไม้ ซึ่งสามารถทำจากผลไม้ได้เกือบทุกชนิด บางครั้งอาจจะครอบคลุมถึงน้ำจากพืชผัก สมุนไพร รวมทั้งดอกไม้ ซึ่งสามารถบีบคั้นเป็นเครื่องดื่มธรรมชาติเพื่อสุขภาพอนามัย ทั้งนี้อาจคั้นจากผลไม้สดล้วนๆ โดยไม่มีการปรุงแต่งเพื่อดื่มทันทีหรือเก็บถนอมไว้ในสภาพเข้มข้นเป็นน้ำเชื่อมปรุงแต่งกลิ่นรสแตกต่างไปตามความนิยม สำหรับนิยามของน้ำผลไม้ตามมาตรฐาน หมายถึงน้ำผลไม้ที่อยู่ในลักษณะที่พร้อมจะใช้บริโภคได้โดยตรง ทำจากผลไม้ที่สด สะอาด สุก โดยกรรมวิธีเชิงกล น้ำผลไม้นี้อาจทำจากน้ำผลไม้ที่ทำให้เข้มข้นโดยผ่านวิธีการระเหยน้ำจนเข้มข้นแล้วนำมาเจือจางภายหลังด้วยวัตถุประสงค์ในการรักษาคุณภาพ และองค์ประกอบสำคัญไว้ น้ำผลไม้ที่อยู่ในภาชนะบรรจุต้องผ่านกรรมวิธีการถนอมอาหาร (ปราณี, 2541)

2.1.2 ประโยชน์และความสำคัญของน้ำผลไม้

ผลไม้ทั่วไปนั้นอุดมไปด้วยวิตามินซี วิตามินเอ และใยอาหาร การคั้นผลไม้ดื่มทันทีจะมีคุณค่าทางโภชนาการของน้ำผลไม้สด คล้ายกับการบริโภคผลไม้สดที่มีคุณประโยชน์แก้ร่างกายและเพิ่มความสดชื่นให้แก่ร่างกาย (ประชา, 2539) น้ำผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปผลไม้อีกชนิดหนึ่ง อุตสาหกรรมในด้านน้ำผลไม้ได้มีการพัฒนามากขึ้นในระยะเวลาเพียงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากความเจริญของเทคโนโลยีด้านการใช้ความร้อนในการเก็บรักษาอาหาร ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ประเภทต่างๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อุตสาหกรรมผลไม้แต่เดิมใช้เป็นทางออกสำหรับแปรรูปผลไม้ซึ่งมีคุณค่ารองลงมา และไม่สามารถใช้แปรรูปด้านอื่นได้ เช่น มีรูปร่างผิดปกติหรือสุกมากเกินไป แต่อย่างไรก็ตามผลไม้เหล่านี้ยังคงต้องมีคุณภาพที่ดี ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมดื่มน้ำผลไม้มากขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมด้านนี้มีการขยายตัวมากยิ่งขึ้น วัตถุดิบที่ใช้จึงไม่จำกัดเพียงแต่ผลไม้ที่มีคุณภาพรองเท่านั้น แต่ยังได้มีการนำผลไม้ชนิดต่างๆมาทดลองผลิตน้ำผลไม้มากยิ่งขึ้น

ผลไม้ที่สามารถนำมาผลิตเป็นน้ำผลไม้ได้มีหลายชนิด เมื่อคั้นน้ำจะให้น้ำผลไม้ที่มีลักษณะ สีสัน และรสชาติ ต่างกันไป ลักษณะตามธรรมชาติของน้ำผลไม้เมื่อคั้นออกมาใหม่ๆเกือบทุกชนิดจะมีลักษณะขุ่น อาจมีเนื้อผลไม้ชนิดนั้นปะปนอยู่ แต่ในด้านของผู้บริโภคนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับน้ำผลไม้แต่ละชนิดจะนิยมให้มีลักษณะที่แตกต่างกันไป อาจแบ่งน้ำผลไม้ตามความต้องการของผู้บริโภค โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏดังนี้ (กิตติพงษ์, 2541)

1. น้ำผลไม้ชนิดใส (clarified juices) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีลักษณะใสไม่มีเศษเนื้อผลไม้ปะปนอยู่ เช่น น้ำองุ่น น้ำแอปเปิ้ล

2. น้ำผลไม้ขุ่นเล็กน้อย (light cloud juices) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีลักษณะขุ่นเล็กน้อยไม่ใสเหมือนกลุ่มแรก เช่น น้ำสับปะรด น้ำฝรั่ง

3. น้ำผลไม้ขุ่นมาก(heavy cloud juices) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้ข้น และ มีความขุ่นมากอาจมีชิ้นส่วนของเนื้อผลไม้ลอยปะปนอยู่ด้วย เช่น น้ำส้ม น้ำเกรฟฟรุต

4. น้ำผลไม้ชนิดข้น(puplpy juices) เป็นน้ำผลไม้ที่มีลักษณะข้น มีความหนืดมากกว่าน้ำผลไม้ 3 กลุ่มแรก เช่น น้ำมะเขือเทศ

5. เนคตาร์(nectars) หรืออาจเรียกว่าน้ำผลไม้เทียม(pseudo juices) เพราะปกติเนคตาร์จะเตรียมจากผลไม้ที่มีเนื้อแห้งไม่ฉ่ำน้ำ โดยนำผลไม้มาบดละเอียดเติมน้ำหรือน้ำเชื่อมจนมีปริมาณน้ำตาล และความหนืดเหมาะสม บางครั้งอาจมีการเติมกรดลงไปด้วย ผลไม้ที่นิยมนำมาทำเนคตาร์ เช่น แอปปริคอท ท้อ

2.1.3 การเก็บรักษาน้ำผลไม้

กิตติพงษ์(2541) กล่าวถึงวิธีที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ไว้หลายวิธีดังนี้

1. การใช้ความร้อน (heating)

ความร้อนจะช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำผลไม้เสื่อมเสีย ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาออกไป แต่ความร้อนจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำผลไม้ในด้านที่ไม่ต้องการด้วย ดังนั้นการใช้ความร้อนกับน้ำผลไม้จึงไม่อาจใช้สภาวะที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลานานได้ เนื่องจากน้ำผลไม้จัดอยู่ในอาหารที่มีความเป็นกรดปานกลางไปจนถึงความเป็นกรดสูง จึงไม่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก ในปัจจุบันนิยมใช้การเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิ 77-93 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 15-60 วินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำผลไม้จากนั้นทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว

2 การแช่แข็ง (freezing)

วิธีนี้ทำให้สามารถเก็บผลไม้ไว้ได้นาน น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้เช่น น้ำองุ่น น้ำแอปเปิ้ล และน้ำผลไม้พวกเบอรี่ต่างๆ จะถูกแช่แข็งและเก็บที่อุณหภูมิ (–12) ถึง (-10) องศาเซลเซียส น้ำส้ม และน้ำเกรพฟรุตก็นิยมแช่แข็งที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่ต้องกำจัดอากาศออกจากภาชนะบรรจุเสียก่อน การแช่แข็งไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเหมือนการใช้ความร้อน แต่เสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้สารเคมี (chemical agent)

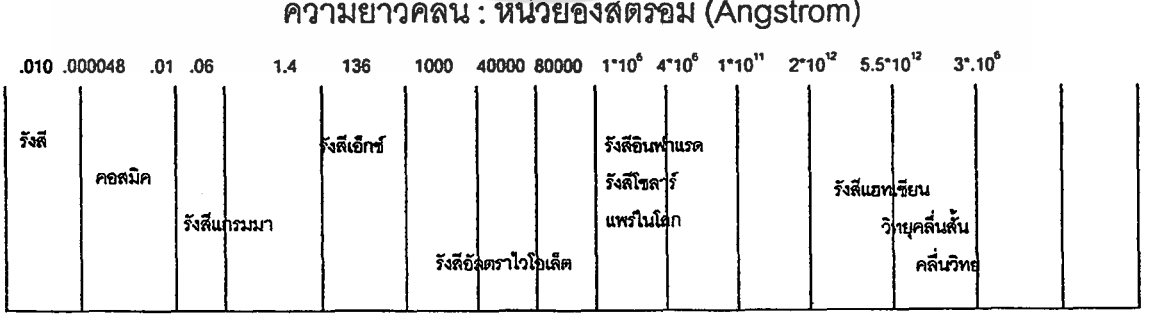
เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ การใช้สารเคมีต้องคำนึงถึงกฎหมายข้อบังคับ ชนิดและปริมาณของสารที่จะใช้ สารเคมีที่มีการใช้ในปัจจุบัน เช่น เกลือเบนโซเอท (benzoate) กรดซอร์บิค (sorbic acid) เกลือซอร์เบท(sorbate) กรดซัลฟูรัส(sulphurous acid) และเบโควิน (baycovin)

4. การใช้ความดันสูง (high pressure)

การใช้ความดันสูงสามารถช่วยในการเก็บรักษาน้ำองุ่น โดยใช้ความดัน 75000ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที สามารถเก็บได้นานในภาชนะปิดสนิทเหมือนกับได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้ว น้ำผลไม้ที่เก็บรักษาด้วยวิธีนี้จะมีกลิ่น รสชาติและคุณภาพเหมือนกับน้ำผลไม้สด แต่ยังมีข้อจำกัดคือการสร้างเครื่องมือที่ใช้กับน้ำผลไม้ปริมาณมากในเชิงอุตสาหกรรมยังทำได้ยาก ซึ่งเป็นปัญหาในการนำมาใช้งานจริง

2.2 รังสีอัลตราไวโอเลต

รังสีอัลตราไวโอเลตได้ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1801 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา ชื่อโจฮันน์ ริตเตอร์ จากการศึกษาปรากฏการณ์ของรังสีกับเงินคลอไรด์ โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเงินคลอไรด์เป็นสีดำ ทำให้เขาเชื่อว่า รังสีอัลตราไวโอเลตนั้นมีพลังงานแฝงอยู่รังสีอัลตร้าไวโอเลตอยู่ในกลุ่มรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่น ตั้งแต่ 1.0×10^{-7} ถึง3.8×10^{-7} เมตร หรือมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 100 นาโนเมตร ถึง 380 นาโนเมตร คลื่นนี้เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านตัวนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่แสงนี้จะออกมาพร้อมกับแสงอื่นที่เรามองเห็น โดยเฉพาะแสงที่มีสีม่วง เราจึงมักพบว่าแสงต่าง ๆ ที่มีอัลตราไวโอเลตออกมานั้นมักจะมีสีออกไปทางสีม่วง



ภาพที่ 1 สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเปกตรัมด้านบนแสดงถึง ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเริ่มตั้งแต่ 10^{-6} แองสตรอม ถึง 10^{-8} แองสตรอม

2.2.1 ประเภทของรังสีอัลตราไวโอเลต

เราสามารถแบ่งรังสีอัลตราไวโอเลตได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. รังสีอัลตราไวเลต เอ (UV – A) หรืออาจเรียกว่า อัลตราไวโอเลตคลื่นยาว หรือช่วงอัลตราไวโอเลตใกล้ มีความยาวคลื่นระหว่าง 3,200 ถึง 4,000 แองสตรอม หรือ 320 – 400 nm

2. รังสีอัลตราไวเลต บี (UV – B) หรืออาจเรียกว่า อัลตราไวโอเลตช่วงกลาง มีความยาวคลื่นระหว่าง 2,800 ถึง 3,200 แองสตรอม หรือ 280 – 320 nm

3. รังสีอัลตราไวเลต ซี (UV –C) หรืออาจเรียกว่า อัลตราไวโอเลตคลื่นสั้น หรือช่วงอัลตราไวโอเลตไกล มีความยาวคลื่นระหว่าง 2,200 ถึง 2,800 แองสตรอม หรือ 220 – 280 nm

ส่วนรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีคลื่นต่ำกว่า 2000 แองสตรอม เรียกว่า ช่วงอัลตราไวโอเลตสุญญากาศ

2.2.2 แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลต

แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

โดยแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติที่มีอิทธิพลสูงสุดในโลกได้แก่ดวงอาทิตย์ เมื่อรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์มากระทบกับอะตอมของชั้นบรรยากาศจะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนขึ้นเป็นจำนวนมาก และเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด ยกเว้นรังสีแกมมา ซึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี และปฏิกริยานิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ แม้จะมีปฏิกริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ให้รังสีแกมมา แต่จะกลายเป็นรังสีอื่นก่อนมาสู่โลก

2. แหล่งกำเนิดที่ผลิตแสงขึ้นมาเอง โดยมนุษย์เป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้น

แหล่งกำเนิดแสงที่ผลิตแสงขึ้นมาเอง เช่นหลอดเรืองแสงและหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต (Black Light Lamp) ซึ่งเกิดจากอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากขั้วอิเล็กโทรดของหลอด วิ่งไปชนอะตอมของก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอด เช่น ไอปรอท แล้วเกิดรังสีอัลตราไวโอเลตกระจาย สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

- โดยวิธีการอาร์คของคาร์บอน และทังสเตน
- โดยให้ไส้ทังสเตนทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิหลอดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยการออกแบบมาเป็นพิเศษของหลอดก๊าซ – ดิสชาร์จ

โดยในแต่ละแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตมีอัลตราไวโอเลตอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน ดังนี้

แสงอาทิตย์	มีอัลตราไวโอเลต	ร้อยละ	2 - 9
คาร์บอนอาร์ค	”	”	5
ทังสเตน อาร์ค	”	”	16
ตะเกียงเมอร์คิวรี	”	”	28
เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	”	”	10
เครื่องเชื่อมโดยใช้ก๊าซอะเซทิลีน	”	”	4

คุณสมบัติของรังสีอัลตราไวโอเลต

1. ทำให้สารเรืองแสงเกิดการเรืองแสงขึ้น
2. ทำให้สารเคมีบางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น สารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ เมื่อถูกรังสีอัลตราไวโอเลตจะดำ
3. สามารถทะลุผ่าน สิ่งกีดขวางได้ เช่น เสื้อผ้าบาง ๆ แผ่นพลาสติกบาง ๆ

2.2.3 ประโยชน์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต

2.2.3.1 การสร้างวิตามินดี

การเกิดวิตามินดี เป็นปฏิกริยาระหว่างรังสีอัลตราไวโอเลต กับสารกำเนิดวิตามินดีที่อยู่ใต้ผิวหนังที่เรียกว่า 7 – ดีไฮโดรอเลสเทอรอลให้เปลี่ยนเป็นวิตามิน ดี 3 ซึ่งจะช่วยได้อย่างดีในกรณีที่เด็กได้รับวิตามินจากอาหารที่กินเข้าไปไม่เพียงพอ สำหรับคนในแถบศูนย์สูตรไม่ค่อยมีปัญหา แต่สำหรับคนในแถบหนาว ต้องขวนขวายหารังสีอัลตราไวโอเลตจากหลอดประดิษฐ์ทดแทนการได้รับจากแสงอาทิตย์ สำหรับ 7 - ดีไฮโดรคลอเลสเทอรอลนั้น ถ้าปราศจากรังสีอัลตราไวโอเลต จะเปลี่ยนเป็นคลอเลสเทอรอลสะสมไว้

2.2.3.2 การเกิดรงควัตถุที่ผิวหนัง

ผิวหนังชั้นบนสุดของเราคือ ชั้นเอพิเดอร์มิส จะมีเซลที่เรียกว่าเมลาโนไซด์บางส่วนใช้ทำหน้า

ที่สร้างเม็ดสีที่เรียกว่า เมลานิน ซึ่งทำให้เรามีผิวเป็นสีน้ำตาล ทุก ๆ คนจะมีเซลเมลาโนไซด์นี้ ยกเว้นคนที่มีสีผิวผิดปกติ คนที่มีผิวสีดำจะมีเมลานินมากกว่าคนผิวขาว การสร้างเม็ดสีเมลานินเกิดขึ้นเมื่อรังสีอัลตราไวโอเลตผ่านผิวหนังทำให้เซลเมลาโนไซด์สร้างเมลานินเพิ่มขึ้น ขบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวเรียกว่า การสร้างเมลานิน เมลานินที่ถูกสร้างขึ้นมานี้ ทำให้ผิวเป็นสีน้ำตาล และเมลานินยังมีประโยชน์ในการช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตไว้

2.2.3.3 การฆ่าเชื้อโรค

การใช้ประโยชน์จากรังสีอัลตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อโรค แบ่งได้กว้าง ๆ 2 กลุ่มดังนี้

2.2.3.3.1 การฆ่าเชื้อบนพื้นผิว

การฆ่าเชื้อโรคบนผิวรวมถึงการป้องกันด้านอาหารและผลิตภัณฑ์ยาในระหว่างที่ผ่านขบวนการผลิตและบรรจุหีบห่อนอกจากนี้ยังใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อโรคสำหรับผลิตภัณฑ์แก้วน้ำดื่ม จาน และชามเป็นต้น และถ้าจะให้ผลดี จะต้องมีการทำความสะอาดผิวในขั้นแรกเสียก่อน เพื่อให้ปราศจากฟิล์มและสิ่งสกปรก ซึ่งจะเป็นตัวดูดกลืนรังสี และสามารถป้องกันแบคทีเรียได้ ตามโรงพยาบาล ห้องผ่าตัด ห้องสำหรับเด็กแรกเกิด ก็จะมีการติดตั้งหลอดอัลตราไวโอเลตไว้ด้วย

2.2.3.3.2 การฆ่าเชื้อโรคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ หรือในของเหลว

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ซึ่งกระทำโดยปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นสั้นผ่านไปในน้ำ ข้อดีคือไม่ทำให้รสชาติของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับการใช้สารเคมี การฆ่าเชื้อโรคในน้ำเป็นขบวนการทางชีววิทยาเช่นกัน โดยรังสีอัลตราไวโอเลตจะไปทำให้แบคทีเรียตาย

มหาวิทยาลัยแห่งกรุงเบรุต ได้ประสบผลสำเร็จในการวิจัยใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในน้ำเพื่อใช้บริโภค โดยคณะผู้วิจัยได้นำน้ำสกปรกมาบรรจุใส่ถุงใส แล้วนำไปวางในที่ ๆ มีแสงแดดส่องตรงมายังน้ำ พบว่า แบคทีเรียจำนวนร้อยละ 99.9 ถูกทำลายด้วยแสงอาทิตย์ในเวลาเพียง 95 นาที แต่ถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องต้องใช้เวลาถึง 630 นาที ทำให้สรุปได้ว่าเราสามารถใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อโรคได้ และต้องมีความยาวคลื่นระหว่าง 3,150 ถึง 40,000 แองสตรอม ซึ่งก็ตรงกับพลังงานของรังสีอัลตราไวโอเลตนั่นเอง

2.2.3.4 ป้องกันการเสื่อมเสียและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร

เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลต มีผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยามากมายในพืช โดยเฉพาะในทางที่ป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.3.4.1 ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาการของเชื้อก่อโรค

จากการศึกษาของ Lang cake และ Pryce (1977) พบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตมีผลต่อการชักนำให้เกิดการ สังเคราะห์สารไฟโตอเลกซิน (phytoalexins) ซึ่งเป็นสารที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคของผลิตผลโดยนำมาประยุกต์ใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- องุ่นที่ทำไวน์ (grapewine)
- ถั่วลิสง (peanut)
- ถั่วเหลือง (soy bean)

การชักนำของการสร้าง ไฟโตอเลกซิน โดยรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นไปในทิศทางเดียวกับ การเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อโรคของพืช ที่ไวต่อการติดเชื้อ

2.2.3.4.2 ผลกระทบของรังสีอัลตราไวโอเลตต่อเนื้อเยื่อพืช

รังสีอัลตราไวโอเลต มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ฟีนิลอะละนิน แอมโมเนียไลเอส phenylanine ammonialase ในเนื้อเยื่อที่ยังโตไม่เต็มที่ (immature tissue) การเพิ่มปริมาณของ PALอย่างชัดเจนขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์ RNA ตัวใหม่ และโปรตีน การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ชักนำการตอบสนองต่อการป้องกันตัวเองของเซลล์พืชที่ได้รับอันตรายจากเชื้อ จุลินทรีย์โดยมีการควบคุมในการถ่ายทอดรหัสพันธุกรรม (Transcription)ของ gene กับการสังเคราะห์สารต้านทานเชื้อ จุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตมีผลกระทบต่อ การเพิ่มความแน่นเนื้อ และค่าความเป็นกรดมีค่าสูงขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด - ด่าง และปริมาณของของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้มีค่าลดลง เมื่อเปรียบ เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต โดยปกติขบวนการสุกของ ผลไม้ เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลไม้ เช่น การเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์รงควัตถุ น้ำตาล ความเป็นกรด – ด่าง ปริมาณเอทธิลีน และการลดลงของความแน่นเนื้อ ปริมาณแป้งและ วิตามินซี

2.2.3.4.3 การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อลดการเน่าจากราสีเขียว (Penicillium digtatum)

ในผลไม้ตระกูลส้มพวก เช่น เกรฟฟรุท มักเกิดโรคเน่าที่ขั้วผล (Stem end rod) และโรค sour rot จากเชื้อ Candida spp. ของส้มพันธุ์ แดนซี่ (Dancy tangerine) พบว่าการฉายรังสีทำให้เกิดอาการผิดปกติที่ผิวของผลส้ม ในชั้นฟราวีโด (flavedo)ทำให้เกิดสีน้ำตาลหรือ สีบรอนซ์ปนน้ำตาล ชักนำให้เกิดลักษณะเลื่อมมันที่ผิวของผลส้ม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างสารลิกนินที่ผิว

2.2.3.4.4 การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อลดการเน่าเสียของมันฝรั่งที่เกิดจากจุลินทรีย์

การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ช่วงความยาวคลื่น 200 nm ถึง 280nm ปริมาณรังสี 3.6×10^4 ถึง 7.3×10^4 erg / mm^2 เพื่อลดการเน่าของมันฝรั่งที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา

2.2.3.4.5 การทดลองฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ให้กับสาลี่ และแอปเปิล สรุปว่าภายหลังการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตโดยมีปริมาณรังสี 3.6×10^4 ถึง 4.8×10^4 erg / mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.4.5 การทดลองฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ให้กับสาลี่ และแอปเปิล โดย Steven และคณะ (1990) สรุปว่าภายหลังการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตโดยมีปริมาณรังสี 3.6×10^4 ถึง 4.8×10^4 erg / mm^2 สามารถควบคุมการเน่าเสียของผลสาลี่ และแอปเปิลเนื่องจากเชื้อราในขณะเก็บรักษา และมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มปริมาณของรังสีอัลตราไวโอเลต มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของความแน่นเนื้อและ ความเป็นกรดมีค่าสูงขึ้น ส่วนค่าของความเป็นกรด – ด่าง และปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต โดยปกติขบวนการสุกของผลไม้มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์รงควัตถุ น้ำตาล ความเป็นกรด – ด่าง ปริมาณเอทธิลีน และการลดลงของความแน่นเนื้อ และวิตามินซี (Will และคณะ, 1982)

2.2.3.4.6 ผลกระทบของการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับรังสีแกมมาต่อการเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอ (Papaya : Carica papaya , 'Solo') ในประเทศฮาวายโดยมีการกำหนดช่วงปริมาณของรังสี (selective dose) ที่ฉายบนผลิตผล รังสีอัลตราไวโอเลตที่ฉายให้กับผลไม้ได้รับจากแหล่งกำเนิด โดยใช้ไอปรอท สามารถลดการเกิดโรคเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อราอันเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกับมะละกอ เช่น Ascochyta spp. Collectotrichurm spp. และ Phytophthora spp.

สำหรับการนำรังสีอัลตราไวโอเลตมาฉายร่วมกับรังสีแกมมานั้น มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของมะละกอ และยืดอายุการวางจำหน่ายของผลไม้อย่างชัดเจน แต่การใช้รังสีแกมม่าปริมาณ 25 Krad ฉายร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตปริมาณ 3.58×10^4 erg / mm^2 เพียงพอที่จะป้องกันการเติบโต และการเข้าทำลายของเชื้อ Phytophthora spp. ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ร่วมกับรังสีแกมม่า มีค่าเป็น 1.19×10^4 erg / mm^2 และ 150 Krad ตามลำดับ ใช้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อ Colletotrichum และเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนเชื้อรา Ascochyta spp. มีความต้านทานต่อรังสีมากที่สุด ปริมาณของการฉายรังสีแกมมาที่ใช้สูงถึง 250 Krad และปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตสูงถึง 7.33×10^4 erg / mm^2

การฉายรังสีแกมมา หรือ การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างเดียวหรือการฉายรังสีร่วมกัน ยังไม่เพียงพอที่จะป้องกันการเติบโต และการก่อรูปร่างของโคโลนี่ ของเชื้อราดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ (Moy และคณะ 1978)

2.2.3.5 การวิเคราะห์

รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์สารได้ หลักวิเคราะห์คือให้วัตถุหรือสารที่เราศึกษาดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตทำให้สารดังกล่าวอยู่ในสภาวะกระตุ้น (excited state) และเมื่อสารกับคืนสู่สภาวะปกติหรือสภาวะพื้น (ground state) จะปล่อยรังสีฟลูออเรสเซนต์ ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลูออเรสเซนต์ผ่านไปสู่ตัวกลางรับแสง สัญญาณที่ได้รับจากตัวรับแสง จะถูกแปลงเป็นค่าที่สามารถอ่านได้จากกัลวานอร์มิเตอร์ เครื่องมือที่อาศัยคุณสมบัติดังกล่าวนี้เรียกว่า ฟลูออโรมิเตอร์ ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตช่วยในการพิสูจน์โครงสร้างและหาเอกลักษณ์ของสาร วิธีนี้เรียกว่า "อัลตราไวโอเลตสเปคโตรสโคปี"

2.2.3.5 การรักษาโรค

การใช้ประโยชน์จากรังสีอัลตราไวโอเลตในการรักษาโรคปัจจุบัน มีการใช้น้อย เพราะบางครั้ง การรักษาโรคทำได้โดยใช้ยาปฏิชีวนะ จะให้ผลดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามการรักษาด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตก็ยังมีใช้อยู่บ้าง เช่น การรักษาโรคผิวหนังอักเสบบางอย่าง ได้แก่ โรค psoriasis แต่ถ้าเป็นการอักเสบจากการติดเชื้อจะไม่ใช้วิธีนี้

2.2.3.6 ประโยชน์ด้านเคมีสังเคราะห์

ประโยชน์ในด้านนี้ จะเกิดผลดีต่อสิ่งแวดล้อม คือการเปลี่ยนแปลงจากออกซิเดชั่นของออกซิเดชั่นของออกซิเจนเป็นโอโซน ในกรณีเช่นนี้เกิดขึ้นได้เมื่อออกซิเจนอิสระ และไปรวมกับออกซิเจนโมเลกุล ได้โอโซน อยู่ในชั้นสตาร์โตสเฟียร์ และมีประโยชน์จะช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตที่มาจากดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 2,800 ถึง 3,200 แองสตรอม ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุด อย่างไรก็ตามโอโซนสามารถดูดกลืนไว้ได้เพียงบางส่วน จึงทำให้มีรังสีอัลตราไวโอเลตช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวมาถึงโลกเราได้

2.2.4 โทษของรังสีอัลตราไวโอเลต

2.2.4.1 สารอินทรีย์ที่ใช้เคลือบ

สำหรับผลกระทบทางด้านนี้นั้น เราสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น สีที่ใช้ในการก่อสร้าง รังสีอัลตราไวโอเลตอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการที่เราสามารถมองเห็นได้ คือ สีซีดลง หรือคุณสมบัติอื่น ๆ เช่นการยึดเกาะ ความยืดหยุ่น ความแข็ง และความเหนียว เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ อย่างไรก็ตาม ผลเสียที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลต สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ตัวดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งจะช่วยดูดกลืนรังสี สำหรับตัวดูดกลืนอัลตราไวโอเลต ที่นิยมใช้ได้แก่ ซาลิซิลิกเอสเทอร์ ไฮดรอกซีเบนโซฟีโนน เบนโซไตรเอโซล

2.2.4.2 ผลกระทบต่อตา

ในชีวิตประจำวันเราสัมผัสกับรังสีเสมอ แต่ไม่มีอันตรายเกิดขึ้น เพราะรังสีที่สัมผัสนั้นมีจำนวนน้อย และช่วงเวลาสั้น แต่ถ้าเราสัมผัสกับรังสีโดยตรงเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ดูการเชื่อมเหล็กเป็นเวลานาน เมื่ออยู่บนที่สูงและมีหิมะลงขาวไปหมด รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถสะท้อนจากหิมะขาว ๆ นั้นได้ทำให้ตาบอดชั่วขณะ(snow blind) นอกจากนี้พื้นน้ำและพื้นทรายแถบชายทะเลก็สามารสะท้อนรังสีได้เช่นกันลักษณะผลกระทบของรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลตราไวโอเลตต่อดวงตานั้นเป็นแบบเสริม (additive effect)คือผลการเปลี่ยนแปลงจะถูกสะสมไว้ในแต่ละครั้งที่ถูกแสง หมายความว่า ไม่จำเป็นต้องถูกรังสีนี้ครั้งเดียวนาน ๆ จึงจะเกิดอันตราย แต่การถูกรังสีครั้งละสั้น หลาย ๆ ครั้ง ภายใน 24 ชั่วโมง ก็อาจเกิดอันตรายได้ รังสีอัลตราไวโอเลตทำให้ผิวตาดำหลุดออก ทำให้เส้นประสาทรับความรู้สึกที่อยู่ใต้ตาซึ่งไวต่อความรู้สึกนั้นถูกกระตุ้น ทำให้มีอาการทางตา หนังตาแดงร้อน เยื่อตาอักเสบ และอาจเกิดต้อเนื้อ แต่การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ นี้ ถึงแม้ว่าจะทำให้เกิดอาการรุนแรง ก็ไม่ทำให้ตาบอดอย่างถาวร ผิวแก้วตาดำ ที่ช้ำบ่อย ๆ สามารถหายคืนเป็นปกติได้ การเปลี่ยนแปลงถาวรที่อาจทำให้สายตาสื่อมนั้นเกิดจากการที่เราได้รับรังสีบ่อยครั้ง และเป็นเวลานาน

2.2.4.3 ผลกระทบต่อผิวหนัง

แสงแดดหรือแสงอาทิตย์นั้นเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตคนบางกลุ่มที่ ต้องการความอบอุ่นจากแสงแดดและต้องการให้ผิวหนังดูสวยงาม เช่น ผู้ที่ชอบอาบแดด ผู้ที่มีอาชีพด้านประมง ทำเกษตร หรือผู้ที่เล่นกีฬากลางแจ้ง มีโอกาสได้รับรังสีจากแสงอาทิตย์อย่างเต็มที่ ดร. ไอแซค วิลลิส หัวหน้าฝ่ายโรคผิวหนัง ศูนย์อำนวยการทางแพทย์ของทหารผ่านศึก สหรัฐอเมริกา กล่าวว่า ผู้ที่ได้รับแสงแดดมากเกินไปจะเกิดอันตราย โดยจะทำให้ผิวหนังเหี่ยวย่นเร็วกว่าปกติได้ ดร. วิลลิส ได้วิจัยเกี่ยวกับอัลตราไวโอเลต เอ และบี และพบว่า การที่ผิวหนังเหี่ยวย่น เร็วขึ้น เนื่องจากเส้นใยคอลลาเจน (ใยโปรตีน) และเส้นใยที่ยืดหยุ่นได้ของผิวหนังถูกทำลาย นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเลตยังทำลายเซลผิวหนัง และทำให้เซลเม็ดโลหิตขาว ที่เรียกว่าที – ลิมโฟไซต์อ่อนแอลง ทำให้ติดเชื้อโรคได้ง่ายขึ้น และบางครั้งผิวหนังที่ถูกทำลายจะมีการเปลี่ยนแปลงของเซล ทำให้เซลแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากกว่าปกติ เกิดการผิดปกติและเป็นมะเร็งที่ผิวหนังได้ ถึงแม้ว่าที่ผิวหนังจะมีเมลานินช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตไว้ แต่ไม่สามารถดูดกลืนได้ทั้งหมด เพราะเซลเมลาโนไซต์ต้องอาศัยเวลาสร้างเมลานิน ดังนั้นจึงไม่ควรถูกแสงนานเกินไปพบว่า ชาวคอเคเชี่ยน (Caucasian) ซึ่งมีผิวขาวจะได้รับผลอันนี้มากกว่าชาวนิโกรที่มีผิวดำมาก

มะเร็งที่ผิวหนังที่เกิดขึ้นมีหลายแบบ เช่น Squamous cell carcinoma, Basal cellcarcinoma และ Malignant melanoma พบว่าทั้ง 3 ชนิดรวมกันมีประมาณ 4 % ของ Caucasian ชาวคอเคเชี่ยน นอกจากเกิดมะเร็งที่ผิวหนังแล้ว การสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นต่ำเป็นเวลานานก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหนังได้หลายอย่างเช่น ตกกระ ผิวหนังเหี่ยว แก่ก่อนวัยผลที่เกิดขึ้นนี้ จะเป็นมากในบุคคลที่มีลักษณะทางกรรมพันธ์ ที่ขาดเม็ดสีชนิด เมลานิน ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากแสงอาทิตย์ให้กับผิวหนังความยาวคลื่นที่มากกว่า 320 นาโนมิเมตร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปงทางสรีรวิทยาของผิวหนังได้เมื่อรวมกับความยาวคลื่นแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออาจเกิดจากสารเคมีที่มีในยา สบู่ เครื่องสำอางค์ หรือผงซักฟอก ซึ่งสารเคมีนี้จะทำให้ผิวหนังมีปฏิกริยาตอบสนองต่อแสงเร็วกว่าปกติ ซึ่งเป็นปัญหาต่อไปในอนาคต

2.2.4.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

รังสีอัลตราไวโอเลตอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ไฟโตแพลงตอนในทะเล หรือมหาสมุทร เมื่อได้รับอิทธิพลจากรังสีอาจทำให้ถึงตายหรือไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ตามปกติ เมื่อไฟโตแพลงตอน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของวงจรอาหารในทะเลถูกทำลายไป ย่อมทำให้สัตว์ที่ใช้ไฟโตแพลงตอนเป็นอาหารหมดไปด้วย ในที่สุดสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของมนุษย์จะลดลงนอกจากนี้มหาสมุทรยังเป็นแหล่งผลิตออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อไฟโตแพลงตอน หรือพืชน้ำพวกสาหร่ายสังเคราะห์แสงไม่ได้ ย่อมมีผลกระทบต่อวัฏจักรคาร์บอนและออกซิเจนบนโลกด้วย การที่ ไฟโตแพลงตอน ต้องอยู่ในทะเลลึก ๆ ที่แสงส่องลงไปไม่ถึง ก็เพราะเป็นการป้องกันตัวเองจากรังสีอัลตราไวโอเลต

2.2.5 การป้องกันเพื่อให้ได้รับรังสีน้อยลง

เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นอันตรายต่อตาและผิวหนังของมนุษย์ หากได้รับรังสีบ่อยครั้งเป็นเวลานาน ดังนั้นการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตจากแสงอาทิตย์สามารถทำได้ดังนี้

2.2.5.1 ครีมกันแดด (sunscreen) ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ปัจจุบันมีใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนมากประกอบด้วยสารเคมีหลาย ๆ ชนิด เช่นพารา - อะมิโนเบนโซอิก แอซิด และเอสเทอร์ของเบนโซอิก เช่น ไดออกซิเบนโซน ออกซีเบนโซน ทิทาเนียมออกไซด์ ทัลคัม และซิงค์ออกไซด์ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ต้องพิจารณาค่า SPF (sun protectiion factor) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างระดับแสงแดดที่จะทำให้ผิวหนังไหม้อย่างอ่อนเมื่อใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงกับระดับแสงที่ทำให้ผิวหนังไหม้ ยิ่งค่า SPF สูงเท่าใด จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันผิวจากแสงแดดได้มาก และสิ่งที่ต้องพิจารณาอีกประการหนึ่งคือ ควรเลือกใช้ชนิดที่ติดอยู่กับผิวหนังได้นาน

2 2.5.2 เสื้อผ้าที่เราสวมใส่ ก็สามารถช่วยป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต

2.2.5.3 สำหรับผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเลต ควรสวมแว่นตาป้องกันแสงด้วย หรือพยายามใช้เครื่องมือให้น้อยที่สุด ประเภทกระป๋องสเปรย์

2.3 รังสีอัลตราไวโอเลตมีผลต่อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา

รังสีอัลตราไวโอเลต ช่วงความยาวคลื่น 250-270 นาโนเมตรมีประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรียและสปอร์ของแบคทีเรีย สำหรับ E.coli ความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือ 265 นาโนเมตร พลังงานของรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถทำลายยีสต์ได้ 30-83เปอร์เซ็นต์ ทำลายรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33-72 เปอร์เซนต์โดยผ่านแผ่นที่มีความหนาแตกต่างกัน 2- 25 มิลลิเมตร สำหรับผลที่มีต่อจุลินทรีย์ พบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตจะมีผลต่อลักษณะทางพันธุ์กรรม DNA DNA ของแบคทีเรียและไวรัส ดูดกลืนรังสีได้ดีที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตรและที่280 นาโนเมตร

ตามปกติแล้วภายในเซลจะมีระบบเอนไซม์ช่วยลดอันตรายของDNA อันเนื่องมาจากรังสี และนอกจากนั้นยังพบว่า สิ่งมีชีวิตมีระบบเอนไซม์ระบบที่2 ที่ช่วยซ่อมแซมDNAส่วนที่ถูกทำลายไปเอนไซม์ระบบแรก เรียกว่า "Dark – Repair System" เนื่องจากทำงานได้ในที่มีหรือไม่มีแสงก็ได้ ส่วนระบบเอนไซม์ระบบที่2 เรียกว่า "Light – Repair System"ทำงานได้ในที่ที่มีแสงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

น้ำฝรั่งคั้นสด 100 %

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล.
2. ขวดเจือจางอาหาร ขนาด 250 มล.
3. หลอดทดลอง
4. จานเลี้ยงเชื้อ
5. กระบอกตวง ขนาด 25 และ 50 มล.
6. ปีเปต ขนาด 1 มล.
7. บิวเรต ขนาด 10 มล.
8. ตะเกียงแอลกอฮอล์
9. ขาตั้ง
10. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 และ 200 มล.
11. บีกเกอร์ ขนาด 50 , 100และ250 มล.
12. ขวดสีชา ขนาด 250 มล.
13. แท่งแก้วคนสาร
14. ช้อนตักสาร
15. บีกเกอร์สเตนเลส ขนาด 2000 มล.
16. ชุดวัดความชื้น
17. ถ้วยชั่งน้ำหนัก

3.3 เครื่องมือ

1.เครื่องแยกน้ำผลไม้ SEVERIN AUTOMATIK-ENTSAFTER

2 Hand refractometer ATAGO 0-32 ^{0}Brix

3.pH meter SUNTEX SP 701

4.เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สารเคมี

1. 2,6 dichloroindophenol
2. โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)
3. โซเดียมไฮดร็อกไซด์ 0.1 N
4. L – ascorbic acid
5. HPO_3 (กรดฟอสฟอริก) 3 %
6. Phenolphthalein 1 %
7. แอลกอฮอล์ 75%

3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1.	peptone	ยี่ห้อ	Merck
2.	Agar	ยี่ห้อ	Merck
3.	Yeast extract	ยี่ห้อ	Merck
4.	Glucose	ยี่ห้อ	Merck

3.6วิธีทดลอง

3.6.1 ศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตกับน้ำฝรั่งคั้นสด

3.6.1.1 การเตรียมน้ำฝรั่ง

นำฝรั่งพันธุ์กลมสาลีล้างให้สะอาด ปอกเปลือกเอาเมล็ดออกแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็กขนาดลูกเต๋าแล้วนำมาคั้นน้ำด้วยเครื่องแยกกากผลไม้ นำน้ำผลไม้ที่ได้มากรองด้วยผ้าขาวบางแล้วจึงได้น้ำฝรั่งทีมีความเข้มข้น100%

3.6.1.2 ชุดเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตประกอบด้วย

1. ชุดแท่งแก้วกลวงสำหรับบรรจุของเหลว

เป็นแท่งแก้วที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุของเหลว เช่น เครื่องดื่มและน้ำผลไม้ชนิต่างๆ สำหรับนำไปฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ทำจากแก้วชนิดทนความร้อน มีลักษณะเป็นแท่งแก้วกลวงทรงกระบอก 2 ชั้น บริเวณฐานของแท่งแก้วเชื่อมติดต่อกันเพื่อให้สามารถบรรจุของเหลวได้ และส่วนกลางของแท่งแก้วกลวงสำหรับสวมหลวดรังสีอัลตราไวโอเลตแล้วนำแท่งแก้วกลวงไปอบความร้อนนาน 48 ชั่วโมง ใช้ความร้อน 650 องศาเซลเซียสแท่งแก้วกลวงมีขนาดความหนาของชั้นของเหลว 3 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแก้วชั้นในเท่ากับ 42 มิลลิเมตรและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแก้วชั้นนอกเท่ากับ 45 มิลลิเมตร โดยแก้วชั้นนอกมีความหนาเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ส่วนแก้วชั้นในมีความหนาเท่ากับ 2 มิลลิเมตร มีขนาดความสูง 28.50 เซนติเมตร และมีความสามารถบรรจุของเหลวได้ประมาณ 120.85 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบไฟฟ้า

เครื่องฆ่าเชื้อในน้ำผลไม้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตมีลักษณะวงจรการทำงานประกอบด้วยส่วนประกอบ ที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ชุดตั้งเวลา และชุดจุดไส้หลอด ซึ่งประกอบติดตั้งภายในกล่องชุดควบคุมเวลาที่ มีขนาดกว้าง 16.5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร และสูง8.5 เซนติเมตร ส่วนหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตจะติดตั้งอยู่ในส่วนของเครื่องมีรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละส่วนดังนี้

2.1 ชุดเครื่องตั้งเวลา มีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่

2.2.1 สวิทช์เปิด- ปิด เครื่องมีหน้าที่ควบคุมการผ่านของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ระบบวงจร และยังเป็นตังควบคุมการทำงานของเครื่องตั้งเวลา

2.2.2 เครื่องตั้งเวลา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลาการฉาย รังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งจะควบคุมการติด-ดับของหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตตามระยะเวลาที่กำหนด ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ ได้ตั้งแต่100-240 โวลต์ ตัวเครื่องแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฐานรองหน้าปัด ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าเครื่องและกระแสไฟที่ส่งผ่านไปยังชุดจุดไส้หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต ส่วนที่สองเป็นส่วนของหน้าปัดเครื่อง ซึ่งบนหน้าปัดมีปุ่มปรับที่สามารถตั้งเวลาการทำงานได้ตั้งแต่0.6 วินาที ถึง 60 ชั่งโมง

2.2 ชุดจุดไส้หลอด มีส่วนประกอบต่างๆได้แ

2.2.1 บัลลาสต์ เป็นอุปกรณ์ของบริษัท VOSSLOH SCHWABE Model I 13.860 ทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการทำงานของหลอดไฟ

2.2.2 สตาร์ทเตอร์พร้อมแท่นรอง เป็นอุปกรณ์ของบริษัท DAI-SHIDA รุ่นSt-D381ชนิดที่ใช้กับหลอดฟูลออร์เรสเซนต์ ทำหน้าที่ในการจุดไส้หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต

2.3 หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต

เป็นอุปกรณ์ของบริษัทSYLVANIA ชนิด UV-Cขนาด 10วัตต์ มีลักษณะเป็นหลอดแก้วใสรูปทรงคล้ายหลอดฟูลออร์เรสเซนต์ทั่วไป มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 25.5 มิลลิเมตร ยาว 33 เซนติเมตร ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลต ที่ความยาวคลื่นระหว่าง220-280 นาโนเมตร

3. เครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

โครงสร้างของตัวเครื่องมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ แท่นยึดอุปกรณ์ และฝาครอบเครื่อง มีรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
97074

3.1 ฐานเครื่อง

มีลักษณะเป็นแท่นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.5 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร เป็นส่วนที่ยึดและรองรับอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการฉายรังสีอันได้แก่หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต แท่งแก้วกลวง ที่บังคับแท่งแก้ว และท่อร้อยสายไฟ ตัวฐานสร้างและประกอบจากแผ่นเหล็กเรียบที่มีความหนา 4 หุน นำมาตัดเป็นรูปวงกลม และแผ่นเหล็กที่มีความหนา 12 หุน ซึ่งตัดให้เป็นรูปวงแหวนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกเท่ากับตัวฐาน มีความหนาของขอบวงแหวน1.4 เซนติเมตร นำมาเชื่อมติดกับด้านล่างของตัวฐานด้านบนเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24.13 เซนติเมตร ตรงส่วนกลางของแผ่นเหล็กเป็นช่องสวมหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.55 เซนติเมตร ลึก 6.3 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู ถัดจากจุดศูนย์กลางในแนวรัศมี 3.45 เซนติเมตร และเจาะรูขนาดเดียวกันอีกจำนวน 3 รู ในแนวรัศมี 3.475 เซนติเมตร จากจุดศูนย์กลางสำหรับสวมที่บังคับแท่งแก้วที่มีความหนาของชั้นนอก 6 มิลลิเมตร ในตำแหน่งท่อร้อยสายไฟเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.22 มิลลิเมตร จำนวน 1 รู ลึก 0.7 เซนติเมตร ห่างจากขอบของฐาน 2.00 เซนติเมตร เพื่อเป็นช่องสำหรับสวมท่อร้อยสายไฟ

3.1.1 ที่บังคับแท่งแก้ว มีลักษณะโครงสร้างที่ทำมาจากท่อทองแดงขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 หุน นำมาตัดเป็นท่อน6 ท่อน ยาวท่อนละ6 นิ้วใช้เป็นส่วนขาตั้ง และตัดท่อทองแดงขนาดเดียวกันอีก 4 ท่อน จากนั้นขดท่อทองแดงเป็นวงแหวนเชื่อมปลายท่อติดกัน แล้วจึงนำวงแหวน 2 วง มาเชื่อมติดกับขาตั้ง 3ขา โดยจัดวงแหวนลางห่างจากวงแหวนบน 4 นิ้ว

3.1.2 ท่อร้อยสายไฟ มีลักษณะเป็นท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 หุน นำมาดัดเป็นรูปตัวแอล หัวกลับ เพื่อป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตและใช้ร้อยสายไฟ

3.2 ฝาครอบเครื่อง

มีส่วนประกอบแบ่งออกเป็น 2ส่วน ได้แก่ ส่วนของฝาและส่วนของท่อครอบเครื่อง

- ในส่วนของฝาปิดทำจากสแตนเลสแผ่นเรียบหนา 0.35 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.2 นิ้ว มีลักษณะคล้ายกับฝาปิดปากโอ่งน้ำดื่มทั่วไป

- ส่วนของท่อครอบเครื่องทำจากสแตนเลสแผ่นเรียบหนา 0.35 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว สูง 45 เซนติเมตร ใช้เป็นอุปกรณ์กันรังสีอัลตราไวโอเลตและเชื่อมที่จับติดกับผนังด้านนอกของตัวท่อครอบเครื่องห่างจากขอบบนประมาณ 15 เซนติเมตร และเจาะรูที่ขอบล่างเพื่อเป็นที่ร้อยสายไฟเข้าตัวเครื่องฉายรังสี

ขั้นตอนการประกอบชุดเครื่องฆ่าเชื้อในน้ำผลไม้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตมีดังนี้

1. สวมขาตัวบังคับแท่งแก้วลงในช่องวางที่เจาะไว้บนฐานเครื่อง
2. เทน้ำผลไม้ลงในช่องบรรจุของเหลวของแท่งแก้วกลวงตามปริมาตรที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำแท่งแก้วสวมหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต และจัดให้อยู่ในเส้นรอบวงที่กำหนด
4. นำฝาครอบเครื่องมาครอบลงบนตัวเครื่องเพื่อป้องกับรังสีอัลตราไวโอเลต
5. ตั้งเวลาที่กำหนด
6. เปิดสวิทช์ที่ตำแหน่งเปิด(ON) เครื่องจะทำงานจนครบเวลา
7. เมื่อครบกำหนดเวลาให้โยกสวิทช์ที่ตำแหน่งปิด(OFF)

8.นำน้ำผลไม้ที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตออกมาตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ

3.6.1.3 หาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตกับน้ำฝรั่งคั้นสด มีสิ่งทดลองคือ หลอดแก้วบรรจุน้ำฝรั่ง ความหนา 3 mm โดยมีปัจจัยในการทดลองแบ่งเป็นช่วงเวลาคือ 0 , 5 ,10 , 15 นาที(ในแต่ละปัจจัยทำการทดลอง 3 ซ้ำ) ใช้แผนการทดลองแบบ CRD

3.6.1.4 การตรวจสอบผลโดยทำการตรวจสอบทางด้าน จุลินทรีย์ เคมี และกายภาพ มีวิธีตรวจสอบดังต่อไปนี้

- ทางด้านจุลินทรีย์

โดยตรวจวัดปริมาณTPC(Total plate count) หรือปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์ม และตรวจสอบยืนยันเชื้ออีโคไล

- ทางด้านกายภาพ

น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่เวลาต่างๆ กัน ดังนี้ 0, 5, 10, 15 นาทีมาตรวจสอบโดยการสังเกตลักษณะปรากฏโดยพิจารณาสีของน้ำฝรั่ง กลิ่นฝรั่ง รสชาติและความข่น โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน

- ทางด้านเคมี

-วัดความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งก่อนและหลังฉายรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้เครื่อง pH meter

-วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำฝรั่งก่อนและหลังฉายรังสีอัลตราไวโอเลต โดยเครื่อง Hand refractometer

-วัดความเป็นกรด(Acidity)ของน้ำฝรั่งก่อนและหลังฉายรังสีอัลตราไวโอเลตโดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N โดยใช้ฟีนอฟทาลีน 1 %เป็นอินดิเคเตอร์ โดยเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนซึ่งมีวิธีทดสอบดังนี้

ดูดน้ำฝรั่งมา 9 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด250 มิลลิลิตร หยดฟีนอฟทาลีน 1-2 หยด แล้วนำมาไทเทรตกับNaOH 0.1 Nที่บรรจุอยู่ในบิวเรต ขนาด50 มิลลิลิตร จนกระทั่งสารละลายมีสีชมพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ปริมาณascorbic acid หรือปริมาณวิตามินซี โดยใช้วิธีAOAC : 1995 ซึ่งมีวิธีทดสอบดังนี้

ดูดสารละลายมาตรฐาน แอสคอร์บิก(น้ำฝรั่ง) 2 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งมีสารละลาย HPO_3- CH_3COOH บรรจุอยู่ 3 มิลลิลิตร แล้วนำมาไทเทรตอย่างรวดเร็วด้วย 2,6 indophenol solution ที่บรรจุ ในบิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร ทำการไทเทรตจนกระทั่งสารละลายมีสีชมพู ซึ่งสีจะคงอยู่อย่างน้อย 5 วินาที

<u>หมายเหตุ</u> การตรวจคุณภาพของน้ำฝรั่งทั้ง 3 ด้านจะตรวจก่อนที่จะนำน้ำฝรั่งไปฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและหลังจากฉายรังสีแล้ว โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ต่อ 1 ปัจจัย

3.6.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

เลือกเวลาที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากผลการทดลองที่ได้จากการทดลองขั้นที่1 โดยพิจารณาจากปริมาณ TPC และผลการตรวจหาเชื้อ coliform bacteria และ E. coli ตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่26 พ.ศ. 2524 เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทได้ประกาศว่าต้องตรวจพบแบคทีเรียชนิด โคลิฟอร์ม น้อยกว่า2.2 โคโลนีต่อเครื่องดื่ม 100 ml

โดย นำน้ำฝรั่งที่ยังไม่ผ่านการฉายรังสี และฉายรังสีอัลตราไวโอเลตตามเวลาที่เลือกไว้แล้วนำมาบรรจุในขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในปริมาตร 300 มิลลิลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 ° C ตรวจผลด้าน เคมี และกายภาพ ของน้ำฝรั่งทุกๆ 2 วันโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำต่อการวิเคราะห์ 1 ครั้ง สำหรับวิธีการตรวจสอบทางด้านเคมีและกายภาพ ทำเช่นเดียวกับการทดลองขั้นที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15755

บทที่ 4.

ผลและอภิปรายผลการทดลอง

4.1.ผลการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

4.1.1 ผลทางด้านกายภาพของน้ำฝรั่ง

ค่าสี

ผลการวัดค่าสีของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5,10และ15 นาที โดยทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสการยอมรับค่าสีของผู้บริโภคโดยคะแนนความชอบทางด้านสีแสดงดังภาคผนวก ข สำหรับผลการทดลองแสดงในตารางที่4.1.1

ตารางที่4.1.1.1คะแนนการยอมรับค่าสีของน้ำฝรั่ง

เวลาในการฉาย(นาที)	ค่าสีต่อการยอมรับของผู้บริโภค
0	3.00
5	3.60
10	2.73
15	3.13

หมายเหตุ ทำการทดลอง5ครั้งให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน

จากตาราง 4.1.1พบว่าน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ15 นาที ผู้ชิมให้การยอมรับด้านสีในระดับที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้ง 4 สิ่งทดลอง อาจจะเนื่องมาจากระยะเวลาการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต มีช่วงห่างที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันด้วย

กลิ่น

ผลการวิเคราะห์ทางกลิ่นของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5,10และ15นาทีโดยทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสการยอมรับค่ากลิ่นผู้บริโภคโดยคะแนนตามความชอบทางด้านค่ากลิ่น แสดงณ. ภาคผนวก ข สำหรับผลการทดลองแสดงดังตารางที่4.1.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ตารางที่4.1.1.2 ค่าของกลิ่นที่วัดจากน้ำฝรั่ง

เวลาในการฉาย(นาที)	ค่ากลิ่นต่อการยอมรับของผู้บริโภค
0	2.86
5	2.73
10	2.86
15	2.20

หมายเหตุ ทำการทดลอง 5 ครั้งให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน

จากตาราง 4.1.1.2 พบว่าน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ15 นาที ผู้ชิมให้การยอมรับด้านกลิ่นในระดับที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้ง 4 สิ่งทดลอง อาจจะเนื่องมาจากระยะเวลาการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต มีช่วงห่างที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันด้วย

รส

ผลการวิเคราะห์รสชาติของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5,10และ15นาที โดยทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสการยอมรับค่ารสชาติของผู้บริโภคโดยคะแนนตามความชอบทางด้านรสชาติแสดงณ. ภาคผนวก ข สำหรับผลการทดลองแสดงในตารางที่4.1.1.3

ตารางที่4.1.1.3แสดงค่าของรสชาติที่วัดจากน้ำฝรั่ง

เวลาในการฉาย(นาที)	ค่ารสชาติต่อการยอมรับของผู้บริโภค
0	2.40
5	2.46
10	2.33
15	2.06

หมายเหตุ ทำการทดลอง 5 ครั้งให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน

จากตาราง 4.1.1.3 พบว่าน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ15 นาทีผู้บริโภคให้การยอมรับค่ารสเท่ากับชุดที่ยังไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและไม่พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความแตกต่างของการยอมรับค่าสีของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านและผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่เวลาต่างๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ความขุ่น

ผลการความขุ่นของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5,10และ15 นาที โดยทดสอบทางด้านประสทสัมผัสการยอมรับค่าความขุ่นของผู้บริโภคโดยคะแนนตามความชอบทางด้านความขุ่นแสดง ณ. ภาคผนวก ข สำหรับผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1.1.4

ตารางที่4.1.1.4 แสดงค่าของความขุ่นที่วัดจากน้ำฝรั่ง

เวลาในการฉาย(นาที)	ค่าความขุ่นยอมรับของผู้บริโภค
0	1.93
5	1.66
10	1.46
15	1.93

หมายเหตุ ทำการทดลอง5ครั้งให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน

จากตาราง 4.1.1.4 พบว่าน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ 15 นาทีผู้บริโภคให้การยอมรับค่ารสชาติเท่ากับชุดที่ยังไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและไม่พบว่ามีความแตกต่างของการยอมรับค่าสีของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านและผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่เวลาต่างๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมีของน้ำฝรั่งที่ฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ค่าความเป็นกรดด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5,10และ15นาที สำหรับผลการทดลองแสดงในตารางที่4.1.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1.2.1แสดงค่าของความเป็นกรดด่างที่วัดจากน้ำฝรั่ง

ครั้งที่	เวลาในการฉาย(นาที)	ค่าความเป็นกรดด่าง
1	0	3.953[a]
	5	3.956[a]
	10	3.876[b]
	15	3.856[b]
2	0	4.110[a]
	5	4.090[b]
	10	4.083[c]
	15	4.056[d]
3	0	3.956
	5	3.936
	10	3.946
	15	3.943
4	0	3.980
	5	3.960
	10	3.980
	15	3.940
5	0	4.036[a]
	5	3.990[b]
	10	3.980[b]
	15	3.970[c]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่4.1.2.1พบว่าในครั้งที่1ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 2 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ 15 นาทีมีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 3 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ 15 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 4 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ15 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 5 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 10 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %แต่ไม่มีชุดทดลองใดที่ไม่มีความแตกต่างกับชุดไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5,10และ15นาที สำหรับผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1.2.2แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่วัดจากน้ำฝรั่ง

ครั้งที่	เวลาในการฉาย(นาที)	ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้
1	0	8.40[a]
	5	8.40[a]
	10	8.66[b]
	15	8.00[c]
2	0	7.86[a]
	5	7.60[a]
	10	7.60[a]
	15	7.20[b]
3	0	8.20[a]
	5	7.00[b]
	10	8.00[c]
	15	8.00[c]
4	0	8.40
	5	8.00
	10	8.00
	15	8.00
5	0	8.20
	5	8.06
	10	8.06
	15	8.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่4.1.2.2พบว่าในครั้งที่1ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ 15 นาทีมีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ15 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในครั้งที่ 5 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ15 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าความเป็นกรด

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5,10และ15นาที สำหรับผลการทดลองแสดงในตารางที่4.1.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1.2.3 แสดงค่าความเป็นกรดที่วัดจากน้ำฝรั่ง

ครั้งที่	เวลาในการฉาย(นาที)	ค่าความเป็นกรด
1	0	0.2030
	5	0.2031
	10	0.1962
	15	0.2031
2	0	0.2030
	5	0.2031
	10	0.1962
	15	0.2031
3	0	0.2030
	5	0.1996
	10	0.2097
	15	0.2064
4	0	0.2031
	5	0.2031
	10	0.2030
	15	0.2030
5	0	0.2064
	5	0.2064
	10	0.1996
	15	0.2098

จากตารางที่4.1.2.3พบว่าในครั้งที่1-5ค่าความเป็นกรดของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5 10 และ15 นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณวิตามินซี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีของน้ำฝรั่งเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5,10และ15นาที สำหรับผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1.2.4

ตารางที่4.1.2.4 แสดงปริมาณวิตามินซีที่วัดจากน้ำฝรั่ง

ครั้งที่	เวลาในการฉาย(นาที)	ปริมาณวิตามินซี(mg/cc)
1	0	1.010
	5	0.801
	10	0.881
	15	0.822
2	0	1.174
	5	0.817
	10	0.873
	15	0.797
3	0	1.016
	5	0.910
	10	0.886
	15	0.913
4	0	1.003
	5	1.659
	10	1.530
	15	1.630
5	0	0.726
	5	0.596
	10	0.656
	15	0.650

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่4.1.2.4พบว่าในครั้งที่1-5ปริมาณวิตามินซีของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10 และ15นาทีไม่มีความแตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.3 ผลการทดลองทางด้านจุลินทรีย์

ผลเชื้อทั่วไป (Total Plate Count)

- ปริมาณน้ำฝรั่งที่ใช้ทดสอบ 1 มิลลิลิตร
- วิธีการทดสอบคือ pour plate technique

ตารางที่4.1.3.1 แสดงปริมาณเชื้อทั่วไปในน้ำฝรั่งครั้งที่ 1-5

ครั้งที่	เวลา (นาที)	ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	ค่า log
1	0	$11x10^4$	5.04
	5	$36x10^3$	4.55
	10	$24x10^3$	4.38
	15	$19x10^3$	4.27
2	0	$59x10^3$	4.77
	5	$56x10^3$	4.77
	10	$30x10^3$	4.47
	15	$32x10^3$	4.50
3	0	$104x10^5$	7.01
	5	$39x10^3$	4.59
	10	$16.6x10^3$	3.22
	15	$12x10^2$	3.07
4	0	$5.9x10^5$	5.77
	5	$41x10^3$	4.61
	10	$38x10^3$	4.58
	15	$18x10^3$	4.26
5	0	$7.6x10^5$	5.88
	5	$4.03x10^4$	4.60
	10	$3.63x10^4$	4.56
	15	$1.86x10^4$	4.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่4.1.3.1 พบว่า

การทดลองครั้งที่ 1 เวลาที่ฉายรังสีแล้วสามารถลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นได้ดีที่สุด คือที่เวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อได้ 15.27 %

การทดลองครั้งที่ 2 เวลาในการฉายรังสีแล้วสามารถลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นได้ดีที่สุด คือที่เวลา 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อได้ 6.3 %

การทดลองครั้งที่ 3 เวลาที่ใช้ในการฉายรังสีแล้วทำให้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นลดลงมากที่สุด คือ เวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อได้ 56.20%

การทดลองครั้งที่ 4 เวลาที่ใช้ในการฉายรังสีแล้วทำให้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นลดลงมากที่สุด คือ เวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นได้ 26.16%

การทดลองครั้งที่ 5 เวลาที่ใช้ในการฉายรังสีแล้วทำให้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นลดลงมากที่สุด คือ เวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นได้ 27.38 %

- ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่า เวลาที่ใช้ในการฉายรังสีน้ำฝรั่งแล้วสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นได้ดีที่สุด คือ เวลา 15 นาที

- แต่ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 62 (พ.ศ.2524) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ไม่ได้มีกำหนดปริมาณเชื้อทั่วไป (Total Plate Count) เอาไว้

ผลเชื้อโคลิฟอร์ม (Coliform)

- ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ 1 ลูป
- วิธีการที่ใช้ Most propbably number (MPN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.3.2 แสดงปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มในน้ำฝรั่งแล้วแปรผลเป็นแบบ MPNครั้งที่ 1-5

ครั้งที่	เวลา (นาที)	ปริมาณเชื้อ (MPN/มิลลิลิตรของเจือจางระดับที่1)	ระดับถูกต้อง
1	0	9.5	i
	5	9.5	1
	10	2.5	1
	15	0	-
2	0	2.5	1
	5	0.7	2
	10	2.5	1
	15	0	-
3	0	110	1
	5	110	1
	10	140	-
	15	110	1
4	0	140.0+	-
	5	7.5	2
	10	45.0	1
	15	45.0	1
5	0	110.0	1
	5	15.0	2
	10	45.0	1
	15	45.0	1

<u>หมายเหตุ</u> ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดว่า ต้องตรวจพบบัคเตรีชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่4.1.3.2 พบว่า

<u>การทดลองครั้งที่ 1</u> น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีเป็นเวลา 15 นาที ไม่พบเชื้อโคลิฟอร์มเลย ที่เวลา 10 นาที พบเชื้อโคลอฟอร์ม 2.5 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร

<u>การทดลองครั้งที่ 2</u> น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีเป็นเวลา 15 นาที ไม่พบเชื้อโคลิฟอร์มเลย แต่ที่เวลา 5 นาที พบเชื้อโคลิฟอร์ม 0.7 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร

<u>การทดลองครั้งที่ 3</u> น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีเป็นเวลา 5 นาที พบเชื้อโคลิฟอร์ม 110 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร

<u>การทดลองครั้งที่ 4</u> น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีเป็นเวลา 5 นาที พบเชื้อโคลิฟอร์ม 7.5 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข

<u>การทดลองครั้งที่ 5</u> น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีเป็นเวลา 5 นาที พบเชื้อโคลิฟอร์ม 15 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข

-จากผลการทดลองทั้ง 5 ครั้ง เฉลี่ยแล้วที่เวลาในการฉายรังสีน้ำฝรั่ง 5 นาที มีปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มต่ำที่สุด โดยในการทดลองครั้งที่ 2 นั้น ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มต่ำกว่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข แต่ในการทดลองครั้งอื่นๆปริมาณเชื้อยังสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย

- แม้ว่าในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 จะไม่พบปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มเลยที่เวลาในการ ฉายรังสี 15 นาที แต่ในทางปฏิบัติจริงแล้ว น้ำผลไม้ที่ผ่านการฉายรังสี เวลา 10,15 นาทีนั้น จะทำให้ลักษณะปรากฏของน้ำผลไม้ไม่เป็นที่ยอมรับ โดยจะทำให้เกิดลักษณะไหม้ และสีเข้มขึ้น

- การที่ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มในการทดลองครั้งอื่นๆ สูงกว่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข เนื่องมาจากวัตถุดิบมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูง ดังนั้นถ้าจะปรับปรุงผลทางด้านปริมาณเชื้อต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบในด้านปริมาณเชื้อเริ่มต้น การทำความสะอาดก่อนทำการผลิต การทำความสะอาดเครื่องมือ และกระบวนการฆ่าเชื้อในระบบปิด

ผลการทดสอบเชื้อ <u>Escherichia coli</u>

- จากการนำตัวอย่างอาหารจาก Lauryl Sulfate Tryptose (LST broth) ถ่ายลงในอาหาร EC broth นำอาหารบ่มที่ water bath อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเลือกหลอดที่มีการสร้างก๊าซ เพื่อถ่ายเชื้อลงใน EMB agar
- ผลการทดลอง streak plate ได้โคโลนีลักษณะสีชมพูเข้ม เกือบดำ ลักษณะมันวาว บางโคโลนีมี methalic sheen
- เลือกโคโลนีที่สงสัยมาทดสอบยืนยัน (confirm test) เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นเชื้อ E. *coli* โดยทำการทดสอบทั้ง IMVIC (Indole, Methyl red, Vogue-Proskeur และการใช้ซิเตรท) ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1.3.3 แสดงผลการตรวจสอบยืนยันของเชื้ออีโคไลของน้ำฝรั่ง

Indole	เป็นสีเหลือง	ผล -
MR	เป็นสีส้มแดง	ผล +
VP	เป็นสีส้มแดง	ผล -
Citrate	อาหารเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน	ผล +

- จากตารางที่ 4.1.3.3 ผลการทดลองจะเห็นว่าน้ำฝรั่งไม่พบเชื้อ E. *coli* เพราะถ้าเป็นเชื้อ E.*coli* ผลการทดสอบยืนยันจะเป็น +,+,-,- หรือ -,+,-,-

จากมาตรฐานอาหารประเภทน้ำดื่มและน้ำผลไม้ ของกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ว่า ต้องไม่พบเชื้อ E.*coli* ในน้ำผลไม้เลยจากตารางผลการทดลองจะเห็นว่าน้ำฝรั่งไม่พบเชื้อ E. *coli* เพราะถ้าเป็นเชื้อ E.*coli* ผลการทดสอบยืนยันจะเป็น +,+,-,- หรือ -,+,-,-

- จากผลการทดลองทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินท รีย์พบว่า ที่เวลาในการฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลตกับน้ำฝรั่งเวลา 5 นาที เป็นเวลาที่ดีที่สุดดังนั้นจะนำไปทำการทดลองต่อในเรื่องอายุการเก็บรักษา

4.2.การศึกษาอายุการเก็บของน้ำฝรั่งที่ฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

4.2.1 ทางด้านกายภาพ

ตารางที่4.2.1.1ค่าทางกายภาพของน้ำฝรั่งที่เก็บรักษา

เวลาในการฉาย (นาที)	ค่าสี			ค่ากลิ่น			ค่ารสชาติ			ความขุ่น		
	อายุการเก็บรักษา			อายุการเก็บรักษา			อายุการเก็บรักษา			อายุการเก็บรักษา		
	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6
0	6.8	5.6	5.7	5.1	4.5	6.1	5.1	5.5	4.7	7.4	5.7	4.0
5	6.4	6.1	6.5	6.0	4.9	4.8	7.1	5.0	3.9	6.2	5.6	6.7

จากการตารางที่4.2.1วิเคราะห์ผลทางด้านกายภาพคือ ค่าของสี กลิ่น รส และความขุ่นซึ่งทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมพบว่าตลอดการเก็บรักษาผลทางด้านประสาทสัมผัสของค่าสีได้ผลที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันคือน้ำฝรั่งทั้งที่ผ่านการฉายและไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมีสีเขียวเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าของกลิ่นผลทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตจะให้กลิ่นของฝรั่งจนตลอดการเก็บแต่น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาทีในวันแรกจะมีกลิ่นฝรั่งหอมกว่าวันที่ 6 ของการเก็บ

สำหรับรสชาติให้ผลทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตว่าจะมีรสที่เปรี้ยวขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาทีจะมีรสชาติที่เปรี้ยวมากขึ้นกว่าน้ำผ่รั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

สำหรับความข่นของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใสขึ้นแต่น้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต จะขุ่นขึ้น

4.2.2ผลทางด้านเคมี

ตารางที่ 4.2.2.1 ค่าทางเคมีของน้ำฝรั่งที่เก็บรักษา

เวลาในการฉาย (นาที)	ความเป็นกรดด่าง			ปริมาณของแข็งที่ละลายได้			ความเป็นกรด			ปริมาณวิตามินซี(mg/cc)		
	อายุการเก็บรักษา			อายุการเก็บรักษา			อายุการเก็บรักษา			อายุการเก็บรักษา		
	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6
0	3.836	3.916	3.893	7.86	7.96	8.26	0.193	0.206	0.227	1.689	1.177	0.753
5	3.800	3.890	3.876	8.06	8.20	8.33	0.196	0.206	0.230	1.687	0.816	0.769

จากตารางที่4.2.2.1พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้(°Brix) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีจะมีค่าที่มากกว่า°Brixของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต แต่°Brix ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีและน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาจนกระทั่งวันที่ 6 ของการเก็บรักษา

สำหรับน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

°Brix ของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรก คิดเป็น 1.27%

°Brix ของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 คิดเป็น 3.76 %

เมื่อวิเคราะห์โดยรวมแล้ว°Brix ของวันที่แรกของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 6 คิดเป็น 5.08%

สำหรับน้ำฝรั่งที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาที

°Brix ของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรก คิดเป็น 2.48 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

°Brix ของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 คิดเป็น 1.58%
เมื่อวิเคราะห์โดยรวมแล้ว°Brix ของวันที่แรกของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 6 คิดเป็น 3.34%

จากการวิเคราะห์พบว่าความเป็นกรด(% Acidity) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีจะมีค่าที่มากกว่า% Acidityของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต แต่% Acid ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีและน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาจนกระทั่งวันที่ 6 ของการเก็บรักษา
สำหรับน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

% Acidity ของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรก คิดเป็น 7.026%

% Acidityของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 คิดเป็น 9.786%
เมื่อวิเคราะห์โดยรวมแล้ว%Acidityของวันที่แรกของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 6 คิดเป็น 17.5%
สำหรับน้ำฝรั่งที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาที

% Acidity ของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรก คิดเป็น 5.198%

% Acidity ของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 คิดเป็น 11.43%

เมื่อวิเคราะห์โดยรวมแล้ว% Acidity ของวันที่แรกของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 6 คิดเป็น 17.22%
จากการวิเคราะห์พบว่าความเป็นกรดด่าง(pH) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีจะมีค่าที่น้อยกว่าpHของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต pH ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีและน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในวันแรกของการเก็บรักษาจนกระทั่งวันที่ 3ของการเก็บรักษา แต่จะลดลงเล็กน้อยในวันที่6ของการเก็บรักษาแต่ยังมากกว่าวันแรกของการเก็บรักษา
สำหรับน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

pH ของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรก คิดเป็น 2.085%

pH ของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 คิดเป็น 0.587%
สำหรับน้ำฝรั่งที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาที

pHของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรก คิดเป็น 2.368%

pH ของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 คิดเป็น 0.359%

จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณวิตามินซี ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5 นาทีจะมีค่าที่น้อยกว่าปริมาณวิตามินซี ของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตในบางวันที่ตรวจสอบและในบางวัน ปริมาณวิตามินซี ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีจะมีค่าที่มากกว่าปริมาณวิตามินซี ของน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตในบางวันที่ตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณวิตามินซี ของน้ำฝรั่งที่ผ่านฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5นาทีและน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต มีค่าลดลงเรื่อยๆในวันแรกของการเก็บรักษาจนกระทั่งวันที่ 6ของการเก็บรักษา สำหรับน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

ปริมาณวิตามินซี ของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าลดลงจากวันแรก คิดเป็น 29.89%

ปริมาณวิตามินซี ของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าลดลงจากวันที่ 3 คิดเป็น 36.024%

สำหรับน้ำฝรั่งที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 นาที

ปริมาณวิตามินซี ของวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีค่าลดลงจากวันแรก คิดเป็น 51.63%

ปริมาณวิตามินซี ของวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีค่าลดลงจากวันที่ 3 คิดเป็น 5.759%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1. การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อน้ำฝรั่งสดด้วยรังสี อัลตราไวโอเลตโดยเปรียบเทียบระยะเวลาที่รังสีอัลตราไวโอเลยสัมผัสกับน้ำฝรั่งสด ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ความหนาของน้ำฝรั่งที่สัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลตเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ที่เวลา 0 5 10 และ15 นาทีโดยนำปัจจัยคุณภาพทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านเคมีและด้านจุลินทรีย์เป็นเกณฑ์ตัดสิน พบว่า เวลาในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต 5 นาที เป็นเวลาที่ดีที่สุด และเมื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าที่เวลา 5 นาที ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p< 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกเวลา 5 นาทีมาทำการทดลองต่อไปในเรื่องอายุการเก็บรักษา

5.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 5 นาที ที่เก็บในอุณหภูมิ 8-10°C พบว่าสามารถเก็บได้นานถึง 6 วัน เท่ากับ น้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต โดยผลทางด้านประสาทสัมผัส สี กลิ่น รส และความขุ่นใกล้เคียงกัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด มีแนวโน้ม สูงขึ้น ค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลง

ข้อเสนอแนะนำ

1. ควรมีการปรับปรุงระบบของเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ให้มีความต่อเนื่องของท่อในการส่งน้ำฝรั่งผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตโดยปรับปรุงให้เป็นระบบปิดและปลอดเชื้อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากระบบ
2. ถ้าจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ควรต้องเลือกใช้กับน้ำผลไม้ที่มีลักษณะใส เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้ที่มีลักษณะใสมากกว่า น้ำผลไม้ที่มีลักษณะขุ่นข้น
3. การออกเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตในระบบอุตสาหกรรม ควรให้พื้นผิวของน้ำที่สัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นฟิลม์บางๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพราะรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีประสิทธิภาพดี เมื่อเป็นการฆ่าเชื้อพื้นผิว
4. การพัฒนาการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในระบบอุตสาหกรรม เพราะต้องเป็นการฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่องและมีปริมาณมากๆ ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งเครื่องและระบบการฆ่าเชื้อเพราะในปัจจุบันยังไม่เป็นที่แพร่หลายในการนำมาใช้ฆ่าเชื้อน้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2541. **ผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 310 หน้า

ค้วน ขาวหนู. 2522. **โภชนศาสตร์.** กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต. 349 หน้า

ประชา บุญยศิริกูล. 2539. **เทคโนโลยีทางอาหารและเครื่องดื่ม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . 344 หน้า

ปราณี อ่านเปรื่อง . 2541. **เอกสารประกอบการอบรม เรื่อง การผลิตน้ำผลไม้บรรจุขวดพร้อมดื่ม.** ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยรังสิต . กรุงเทพฯ : 44 หน้า

นิพนธ์ โพธิ์ขำ . 2541. **"การประดิษฐ์อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต".** ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันราชภัฏราชนครินทร์ฉะเชิงเทรา

วราวุฒิ ครูส่ง .2538 . **บทปฏิบัติการจุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร** . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .กรุงเทพฯ . 46 หน้า

Melanie A.. Mann , Jame A. Cramer .1992 . Water Environment & Technology : **Disinfecting with Ultraviolet Radiation** . 42-45

Hannan , R.S. , Research , " on the Science and Technology of Food Preservation by Ionizing Radiation ," New York , Chemical Publishing Co ., 1956

Herschdoerfer S. M.. 1974, **Quality control in the food industry** . Volumn 3 Academic prees inc. 2 nd Printing (London) Ltd. , 156.

Morton Satin . 1973. **Food Irradiation**. Technomic Publishing Company.inc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การตรวจหา Coliform Bacteria และ Escherichia coli ในอาหาร
(Detection of Coliform Bacteria and Escherichia coli in Food)

วัสดุอุปกรณ์ ประกอบด้วย

1. จานอาหาร
2. หลอดทดสอบ
3. ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
4. ตู้บ่ม

อาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำยาทดสอบ

ประกอบด้วย

1. อาหาร Pre -enrichment เช่น อาหารเหลว Trypticase Soy
2. อาหารเหลว Lauryl Sulfate Tryptose (LST broth)
3. อาหารเหลว Brilliant Green Lactose Bile (BGLB broth)
4. อาหารแข็ง Eosin Methylene Blue (EMB agar)
5. สีย้อมแกรม
6. สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ IMVIC (Indole, Methyl Red, Vogue-proskeur และการใช้ citrate)

วิธีการ ประกอบด้วย

1.ขั้นตอนการรักษาเซลที่บาดเจ็บ

เซลที่บาดเจ็บแบบถาวร ไม่สามารถจะซ่อมแซมให้คืนสภาพเดิมได้ เซลแบบนี้สามารถเจริญในอาหาร Selective ได้ถ้านำไปเลี้ยงในอาหาร non-selective หรืออาหาร pre-enrichment ก่อนการกระทำเช่นนี้ เรียกว่า"resuscitation" สำหรับเวลาที่ใช้รวมทั้งสภาวะในการ resuscitation นั้นจะแตกต่างกันออกไป

นำตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในอาหารเหลว trypticase soy (อาหาร pre-enrichment) ปริมาตร 225 มล. นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง จึงนำไปใช้ในการตรวจหาต่อไป

2.ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธี Most probable number (MPN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หา MPN ของจุลินทรีย์อาหารสามารถทำโดยการนำตัวอย่างอาหารที่ทราบปริมาณใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว จำนวนจุลินทรีย์ต่อหน่วยของตัวอย่างอาหารคำนวณได้จากจำนวนหลอดของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีจุลินทรีย์ที่ต้องการทราบจำนวนเจริญในหลอดนั้น และโดยวิธีทางสถิติช่วยเปลี่ยนเลขจำนวนของหลอดที่เชื้อเจริญเป็นตัวเลขจำนวน
จุลินทรีย์ในอาหารนั้น

ในทางปฏิบัติ ทำโดยใช้ 3-ten-fold serial dilution ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Lauryl sulfate trypyose(LST) แต่ละระดับความเจือจางจะทำ 3 หรือ 5 ซ้ำ โดยที่ระดับความเจือจางและปริมาตรที่ใช้ในการถ่ายเชื้อ (inoculation) จะขึ้นอยู่กับปริมาณของจุลินทรีย์ที่คาดว่าจะมีเช่น ถ้าคาดว่าจะมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ จะใช้หัวเชื้อ (inoculation) ซึ่งเป็นตัวอย่างอาหารจากข้อ 1ในปริมาณ 10 มล. และ 1 มล.และใช้ 10 มล.ของ ten-foid dilution เพื่อใส่ลงในอาหารเหลว LST 10 มล. ที่มีความเข้มข้นเป็น 2 เท่า และ 1 มล. ของ ten-foid dilution ใส่ลงในอาหารเหลว LST 10 มล. การทำเช่นนี้จะได้ค่า sensitivity ตามทฤษฎีเท่ากับ 0.2 และถ้าชุดแรกของตัวอย่างอาหารที่ใช้เป็น 1 มล. ของ homogenate ร้อยละ 10 ค่า sensitivity จะมีค่าเท่ากับ 2

ข้อดีของการทำ MPN คือสามารถใช้กับขนาดของตัวอย่างได้หลายขนาด และมีความไว สูงกว่าการทำ plate count มาก เพราะสามารถใช้ตัวอย่างของเหลวในปริมาณมาก โดยที่ไม่ทำให้อาหาร selective นั้นเสียคุณสมบัติไป

อาหารเหลว LST ที่ใส่ตัวอย่างอาหารลงไปแล้ว ให้นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ผลการทดลอง : ผลบวกเมื่อมีการเจริญของโคลิฟอร์ม หรือ อี. โคไล จะสังเกตเห็นฟองอากาศเกิดขึ้นในหลอด เนื่องจาก โคลิฟอร์ม หรือ อี. โคไล สามารถใช้น้ำตาลแลกโตสแล้วให้ก๊าซ การตรวจก๊าซควรทำในช่วงการบ่มระหว่าง 24-48 ชั่วโมง ก๊าซที่เกิดขึ้นสังเกตได้จากการเกิดฟองอากาศที่ ถูกกักอยู่ในหลอดเก็บก๊าซ (Durham tube) ก่อนการทำการสังเกตควรจะเขย่าหลอดให้ก๊าซที่ถูกกักอยู่ที่ก้นหลอดลอยตัวขึ้น สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้เตรียมไว้แล้วทำการแช่ในตู้เย็นก่อนการบ่ม หลังการบ่มแล้วอาจเกิดฟองอากาศเล็กขึ้นได้โดยที่ไม่มีการใช้น้ำตาลแลคโตสได้

3. การถ่ายเชื้อลงในอาหาร selective

หลอดของอาหารเหลว LST ที่มีก๊าซเกิดขึ้น คาดว่าในหลอดนั้นจะมีเชื้อ E. coli เจริญอยู่ ให้นำเชื้อที่เจริญในอาหารเหลวที่มีก๊าซเกิดขึ้นมาลากบนอาหารแข็ง Eosin Methylene Blue (EMB agar) ถ้าต้องการหาจำนวน E. coli ที่มีอยู่ในอาหารตัวอย่างจากหลอดของอาหารเหลว LST ที่มีก๊าซ ให้นำมาเพาะต่อในอาหารเหลว Brilliant Green Lactose Bile (BGLB) และนำมาบ่มที่ 44-44.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลอดที่มีก๊าซเกิดขึ้นแสดงว่ามีการใช้น้ำตาลแลคโตส ถือว่าหลอดนั้นคาดว่ามี E. coli เจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อที่เจริญในขั้นนี้ถือว่าเป็น feacal coliform จะทำการยืนยันว่าเชื้อที่เจริญอยู่ในอาหารเหลว BGLB เป็น E.coli โดยการนำมาลากบนอาหารแข็ง EMB แล้วสังเกตลักษณะโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของ E. coli หลังจากที่ได้บ่มที่อุณหภูมิ 44-44.5 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง :

แบคทีเรียที่หมักน้ำตาลแลคโตสไม่ได้ (non-lactose fermenting bacteria) : โคโลนีไม่มีสี

E. coli : โคโลนีสีเงินดำ และมีวาวโลหะออกสีเขียวเมื่อสะท้อนแสง

4. การทดสอบยืนยัน (confirmation)

ในบางกรณีผลของการวิเคราะห์ไม่เป็นอย่างที่ควรจะเป็น จำเป็นจะต้องคาดเดาว่าถูกต้องหรือไม่ การทดสอบเพื่อยืนยันอาจจะต้องทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถใช้น้ำตาลแลคโตสในอาหาร LST เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ติดสีแกรมลบ มีลักษณะเป็น non-spore-forming bacilli สามารถระบุได้ว่าเชื้อนี้เป็น coliform แต่ถ้าต้องการทราบให้แน่ว่าเชื้อนี้คือ E. coli หรือไม่จะต้องทำการทดสอบต่อทั้ง IMVIC (Indole, Methyl Red, Vogue-Proskeur) และการใช้ซิเตรท

Indole เป็นสารที่ได้จากการย่อย tryptophane ดังนั้นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ตรวจ indole จะต้องมีเปปโตน ซึ่งมีองค์ประกอบของ tryptophane อย่างพอเพียง สารเคมีที่ใช้ตรวจ indole คือสาร KOVAC

Methyl Red เป็นการตรวจน้ำตาลกลูโคส และผลิตกรดมากพอที่จะเปลี่ยนสีของ methyl red ที่ pH 4.2 และยังคง pH อยู่ตลอดระยะเวลาการบ่ม 5 วัน การตรวจควรจะต้องทำเมื่อครบ 5 วัน เพราะเชื้อบางชนิดสามารถผลิตกรดในระยะแรกของการบ่ม แล้วจะใช้กรดที่ผลิตออกมาทำให้ pH ต่ำลง

ปฏิกิริยา Voges-Proskauer เป็นการตรวจ acetylmethyl carbinol หรือ 2,3-betanediol ที่ได้จากการที่เชื้อใช้น้ำตาลกลูโคส การตรวจสารทั้งสองชนิดนี้จะแสดงถึงการใช้คาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae จะแสดงผลอันใดอันหนึ่งในสองปฏิกิริยา

นอกจากนั้นยังมีชุดทดสอบ หรือเรียกว่า test kit อีกหลายอย่าง เพื่อช่วยในการทำการจำแนกเชื้อ coliform หรือ E. coli ซึ่งชุดทดสอบเหล่านี้ เช่น ATP (Analy-tab Products) และ Minitek (BBL) เป็นต้น เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการที่มีความสามารถจำกัด มีอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีจำกัด

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ทดสอบ

1. <u>อาหารเหลว Lauryl tryptose</u> (Lauryl sulfate tryptose broth)

ประกอบด้วย

ทริปโตส	20.0	กรัม
น้ำตาลแลคโตส	5.0	กรัม
โปแทสเซียมฟอตเฟต(dibasis)	2.75	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปแทสเซียมฟอตเฟต(monobasis)	2.75	กรัม
Sodium lauryl sulfate	0.1	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ปรับ pH เท่ากับ 6.8 ± 0.2 ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. อาหารแข็ง Eosin methylene blue (EMB agar)

ประกอบด้วย

เปปโตน	10.0	กรัม
น้ำตาลแลคโตส	5.0	กรัม
น้ำตาลซูโครส	5.0	กรัม
Eosin Y	0.4	กรัม
โปแทสเซียมฟอตเฟต	2.0	กรัม
Methylene blue	0.063	กรัม
อาการ์	13.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ปรับ pH เท่ากับ 7.2±0.2 ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. อาหารเหลว Brilliant Green Lactose Bile (BGLB broth)

ประกอบด้วย

เปปโตน	10.0	กรัม
Oxgall	20.0	กรัม
น้ำตาลแลคโตส	10.0	กรัม
Brilliant green	0.0133	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ละลาย oxgall ในน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในขณะเดียวกันละลายเปปโตนและแลคโตสในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ผสมสารละลายทั้งสองและปรับปริมาตรให้เท่ากับ 975 มิลลิลิตร ปรับ pH เท่ากับ 7.2±0.1 จากนั้นเติมสารละลาย Brilliant green (ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่ละลายในน้ำกลั่น) ปริมาตร 13.3 มิลลิลิตร บรรจุใส่หลอดทดสอบหลอดละ 10 มิลลิลิตร

ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อาหาร Indole

ประกอบด้วย

L-Tryptophane	1.0	กรัม
โปแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.27	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	1.0	กรัม
ไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	3.13	กรัม
น้ำกลั่น	1000	กรัม

ปรับ pH เท่ากับ 7.2±0.2 ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

5. อาหาร MR-VP

ประกอบด้วย

เปปโตน	7.0	กรัม
น้ำตาลกลูโคส	5.0	กรัม
ไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนฟอตเฟต	5.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลตร

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร พร้อมทั้งให้ความร้อนอ่อนๆ จากนั้นปล่อยให้เย็น และปรับ pH เท่ากับ 6.9±0.2 ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

6. อาหาร Vogue-Proskeur

ประกอบด้วย

โปรติโอสเปปโตน	7.0	กรัม
น้ำตาลเด็กซ์โตรส	5.0	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ปรับ pH เท่ากับ 6.5±0.2 ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

7. สารละลาย Brilliant green

ประกอบด้วย

Brilliant Green , Dye	0.1	กรัม
น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว	1000	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายสี Brilliant green ในน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วเก็บในขวดที่ปลอดเชื้อ

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

<u>การเตรียมตัวอย่างอาหาร Plate Count Agar</u>

1. ชั่งสารอาหารต่างๆตามสูตรดังนี้

ทริปโตน	5.0 กรัม
ยีสต์สกัด	2.5 กรัม
กลูโคส	1.0 กรัม
อาการ์	15.0 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร
ปรับ pH	7.0 ± 1.0

2. นำอาการ์ใส่ลงไปตามส่วน ให้ความร้อนจนวุ้นละลาย ใส่ส่วนผสมต่างๆให้ละลายเข้ากันดี

3.ปรับ pH เป็น 7.0 บรรจุอาหาร PCA ลงในขวดบรรจุอาหาร

4. นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 121^{0}ซ 15 นาที

<u>การเตรียมสารละลายเจือจางอาหาร (dilution)</u>

ใส่น้ำกลั่น 225 มิลลิลิตร ในขวดเจือจางอาหาร และน้ำกลั่นอีกส่วนปิเปต 9 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง จากนั้นนำขวดเจือจางอาหารและหลอดเจือจางอาหารไปฆ่าเชื้อที่หม้อนึ่งความดัน 121^{0}ซ 15 นาที

<u>การเจือจางตัวอย่างอาหารในขั้นต้น</u>

การทำให้อาหารเจือจางในระดับ 1:10 เท่า ที่เรียกว่า dilution 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ผสมกับสารละลายที่ใช้เจือจางอาหารให้เข้ากันดี

<u>การทำตัวอย่างอาหารให้เจือจางลงตามลำดับ</u>

มักทำให้เจือจางลงระดับละ 10 เท่า (ten fold serial dilution) โดยใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 ในขั้นต้น 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดหรือขวดบรรจุสารละลายสำหรับเจือจางอาหาร 9 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่าหลอดหรือขวดด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า (mixer) ตัวอย่างอาหารในขั้นนี้จะมีความเจือจาง 1:100 (10^{-2}) ถ้าต้องการเจือจางในระดับต่อไปคือ 1:1000 (10^{-3}) 1:10000 (10^{-4}) เรื่อยไปตามลำดับให้กระทำตามวิธีขั้นต้น และควรเปลี่ยนปิเปตใหม่ทุกครั้งในทุกระดับความเจือจางที่ต้องการเตรียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การตรวจวิเคราะห์จำนวนด้วยวิธี pour plate</u>

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard Plate Count-Agar ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว มาทำให้เย็นประมาณ 50 องศาเซลเซียส ใช้ปิเปตดูดอาหารแต่ละความเจือจาง โดยเริ่มจากตัวอย่างที่เจือจางมากที่สุด ใส่จานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร แต่ละระดับความเจือจางควรทำอย่างน้อย 2 จาน และใช้ระดับความเจือจางอย่างน้อย 3 ระดับ โดยเรียงซ้อนกัน 4 ใบ ดูดอาหารใส่จานเปล่าใบล่างสุดก่อนแล้วไล่ขึ้นมาจนถึงใบบนสุด เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานประมาณ 15-20 มิลลิลิตร โดยเริ่มจากจานใบล่างสุดเช่นเดียวกัน เขย่าจานที่ซ้อนกันอยู่ทั้ง 4 ใบ พร้อมกัน โดยหมุนไปทางขวา 3-4 ครั้ง หมุนไปทางซ้าย 3-4 ครั้ง ทิ้งไว้จนวุ้นแข็ง บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีทั้งหมด คำนวนหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อกรัมของอาหารจากสูตร

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(เซลต่อกรัม) = จำนวนโคโลนีx dilution factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส

นำน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 10และ 15นาทีและน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมาทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และความขุ่นโดยใช้ผู้ทดสอบ 15-20 คน

การเตรียมตัวอย่าง

1. เตรียม Giant master sheet ซึ่งมีเนื้อที่เพียงพอสำหรับวางภาชนะบรรจุได้ในช่องแต่ละช่อง
2. จัดวางภาชนะบรรจุน้ำฝรั่งบน Giant master sheet
3. จัดวางตัวอย่างสำหรับผู้ชิมแต่ละคนตามลำดับและใส่ใบประเมินผล
4. เสริฟให้ผู้ชิมทดสอบ เมื่อผู้ชิมทดสอบแล้วและตัดสินผลการทดสอบใน Score sheet เรียบร้อย
5. นำScore sheet มาถอดรหัสจาก master sheet เพื่อตรวจสอบคำตอบ
6. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนการทดลองแบบ CRD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบ **วันที่ทำการทดสอบ**

ผลิตภัณฑ์

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและให้คะแนนตาม Scale ที่ให้ตรงตามกับรหัสตัวอย่าง

1. สี สีเขียวอ่อน = 8 คะแนน

สีเขียวเข้ม = 6 คะแนน

สีเขียวปนน้ำตาล = 4 คะแนน

สีเขียวอมเหลืองๆช้ำๆ = 2 คะแนน

2.กลิ่น กลิ่นหอมฝรั่งรุนแรง = 8 คะแนน

หอมกลิ่นฝรั่ง = 6 คะแนน

กลิ่นฝรั่งจางๆ = 4 คะแนน

กลิ่นเปรี้ยวๆไม่หอม = 2 คะแนน

3.รส รสชาติกลมกล่อม = 8 คะแนน

รสหวานอมเปรี้ยวของฝรั่ง = 4 คะแนน

รสเฝื่อนๆ = 2 คะแนน

4.ความขุ่น เห็นชัดเจนทั้ง 3เส้น = 8 คะแนน

เห็น 2 เส้นบนชัดเจน = 6 คะแนน

เห็นเฉพาะเส้นบนชัดเจน = 4 คะแนน

ไม่เห็นแม้แต่เส้นเดียว = 2 คะแนน

ตารางการให้คะแนนผลิตภัณฑ์

รหัส / ลักษณะ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
ความขุ่น				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถบเส้นที่ใช้ทดสอบความขุ่นของน้ำฝรั่ง

เส้นที่1 ———————————————

เส้นที่2 ———————————————

เส้นที่3 ———————————————

เส้นที่ 1 มีความหนา= 3 pt

เส้นที่ 2มีความหนา= 1 ½ pt

เส้น ที่3 มีความหนา= ¾ pt

ค่าสี

ตารางผนวก ข ที่1 ANOVAแสดงค่าการยอมรับของสีน้ำฝรั่ง ครั้งที่1-5

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	5.92	1.97	1.67^{ns}
Error	56	66.27	1.18	
Total	59	72.18		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	2.27	0.76	0.63^{ns}
Error	56	66.67	1.19	
Total	59	68.93		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	1.73	0.58	0.43^{ns}
Error	56	75.87	1.35	
Total	59	77.60		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	16.69	5.56	5.63**
Error	60	59.25	0.99	
Total	63	75.94		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	0.93	0.31	0.26^{ns}
Error	68	79.94	1.18	
Total	71	80.88		

กลิ่น

ตารางผนวก ข ที่2ANOVAแสดงค่าการยอมรับของกลิ่นน้ำฝรั่ง ครั้งที่1-5

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	4.53	1.51	1.98^{ns}
Error	56	42.80	0.76	
Total	59	47.33		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	4.53	1.51	1.75^{ns}
Error	56	48.40	0.86	
Total	59	52.93		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	1.27	0.42	0.87^{ns}
Error	56	27.33	0.49	
Total	59	28.60		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	0.67	0.22	0.24^{ns}
Error	60	55.81	0.93	
Total	63	56.48		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	2.04	0.68	1.04^{ns}
Error	68	44.61	0.66	
Total	71	46.65		

รสชาติ

ตารางผนวก ข ที่3ANOVAแสดงค่าการยอมรับของรสชาตินำ้ฝรั่ง ครั้งที่1-5

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	0.98	0.33	0.39^{ns}
Error	56	47.20	0.84	
Total	59	48.18		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	0.87	0.29	0.36^{ns}
Error	56	45.07	0.80	
Total	59	45.93		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	1.73	0.58	1.11^{ns}
Error	56	29.20	0.52	
Total	59	30.93		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	6.55	2.18	2.80*
Error	60	46.69	0.78	
Total	63	53.23		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	2.60	0.87	1.06^{ns}
Error	68	55.28	0.81	
Total	71	57.88		

ความขุ่น

ตารางผนวก ข ที่ 4ANOVAแสดงค่าการยอมรับของความขุ่นน้ำฝรั่ง ครั้งที่1-5

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	2.32	0.77	0.59^{ns}
Error	56	72.93	1.30	
Total	59	75.25		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	9.38	3.13	1.89^{ns}
Error	56	92.80	1.66	
Total	59	102.18		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	3.00	1.00	0.62^{ns}
Error	56	89.73	1.60	
Total	59	92.73		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	5.05	1.68	1.21^{ns}
Error	60	83.69	1.39	
Total	63	88.73		

SOV	df	SS	MS	f
Trt	3	4.82	1.61	1.02^{ns}
Error	68	106.83	1.57	
Total	71	111.65		

การวิเคราะห์ผลทางด้านเคมี

1.ค่าความเป็นกรดด่าง : วัดโดยเครื่อง pH meter

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ : วัดโดยเครื่อง Hand refractophoto meter

3. เปอร์เซนต์ความเป็นกรด : ทดสอบโดยการไทเทรตกับ NaOH 0.1 N

$$\% \text{ ความเป็นกรด} = \frac{\text{ml NaOH x Normality NaOH x Equivalent wt of acid x 100}}{\text{ml(or gm) sample x 1000}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.00823	0.00274	81.305**
Er	8	0.00027	0.0000337	
Total	11	0.0085		

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ตารางผนวก ข ที่6ANOVAแสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายและไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตครั้งที่1-5

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.68	0.226	66.96**
Er	8	0.027	$3.375*10^{-3}$	
Total	11	0.707		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.81	0.27	20.76**
Er	8	0.107	0.013	
Total	11	0.917		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	2.64	0.98	#**
Er	8	0	0	
Total	11	2.64		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.36	0.12	#**
Er	8	0	0	
Total	11	0.36		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.04	0.013	0.01^{ns}
Er	8	9.74	1.2175	
Total	11	9.78		

ค่าเปอร์เซนต์ความเป็นกรด

ตารางผนวก ข ที่7ANOVAแสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายและไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตครั้งที่1-5

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.0004	0.00013	10.40**
Er	8	0.0001	$1.25*10^{-5}$	
Total	11	0.0005		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.0002	0.000066	1.32^{ns}
Er	8	0.0004	0.00005	
Total	11	0.0006		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.0001	0.000033	5.28*
Er	8	0.0005	$6.25*10^{-6}$	
Total	11	0.0006		

SOV	Df	SS	MS	F
Tr	3	0.0001	0.000033	1.32^{ns}
Er	8	0.0002	0.000025	
Total	11	0.0003		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	Df	SS	MS	F
Tr	3	0.0004	0.00013	10.40**
Er	8	0.0001	$1.25*10^{-5}$	
Total	11	0.0005		

ปริมาณวิตามินซี

ตารางผนวก ข ที่8ANOVAแสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฉายและไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตครั้งที่1-5

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.08	0.026	1.918^{ns}
Er	8	0.1084	0.0135	
Total	11	0.1884		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.277	0.092	1.4375^{ns}
Er	8	0.517	0.064	
Total	11	0.794		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.0302	0.01	2.54^{ns}
Er	8	0.0316	$3.95*10^{-3}$	
Total	11	0.0618		

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.037	0.0123	0.354^{ns}
Er	8	0.1154	0.014	
Total	11	0.1524		

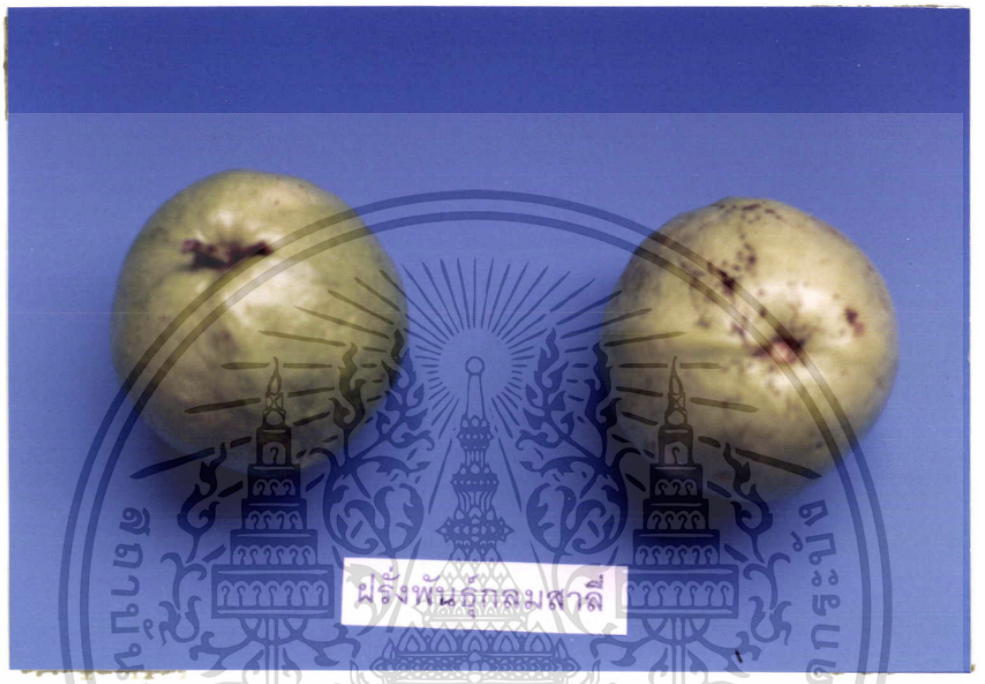
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOV	df	SS	MS	F
Tr	3	0.0263	8.76*10-3	1.204^{ns}
Er	8	0.0582	7.275*10-3	
Total	11	0.0845		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

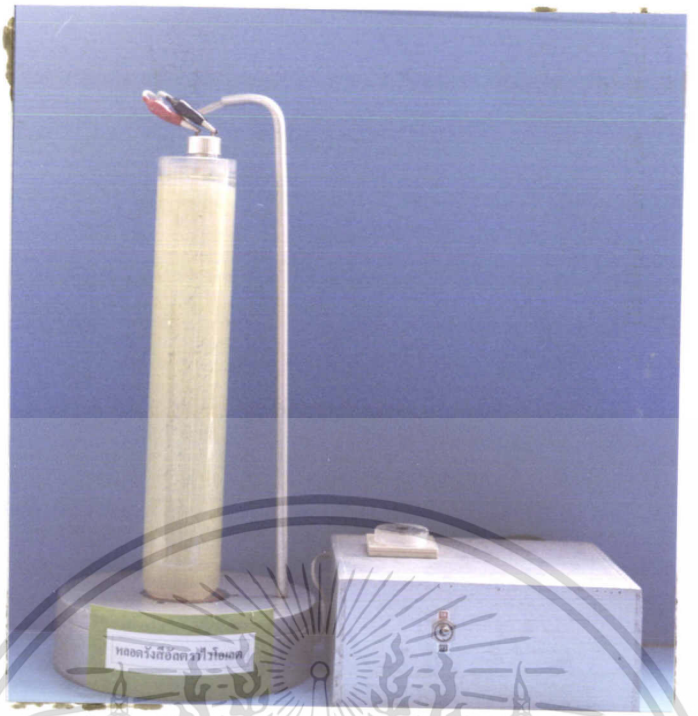
ภาคผนวก ค

ภาพแสดงขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองด้านจุลินทรีย์



ภาพภาคผนวกที่ 1. แสดงวัตถุดิบที่ใช้ (ฝรั่งพันธุ์กลมสาสี่)

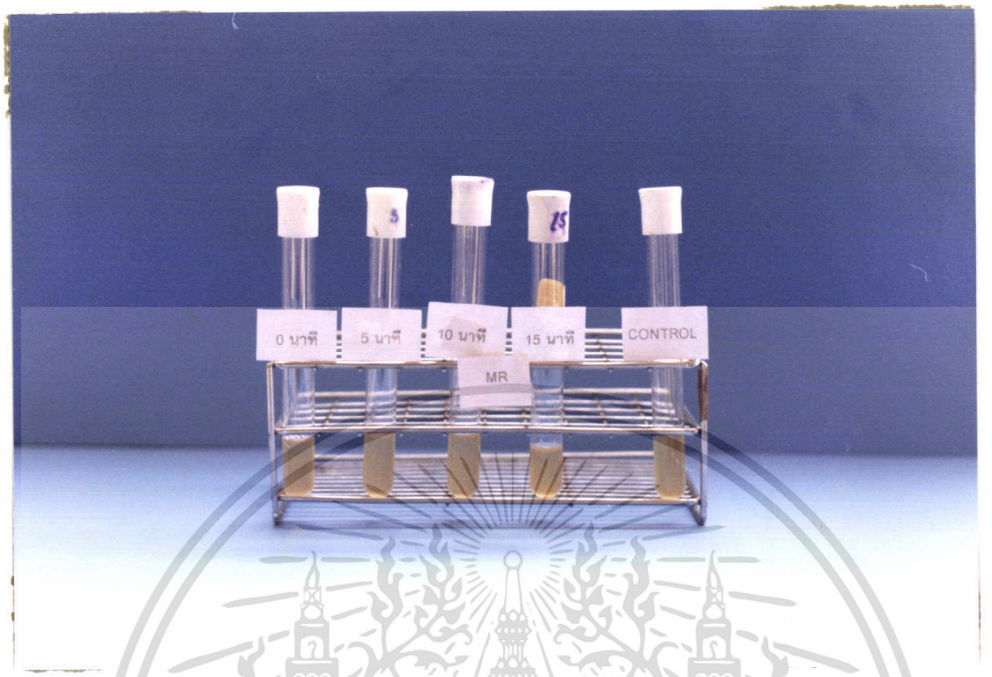
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



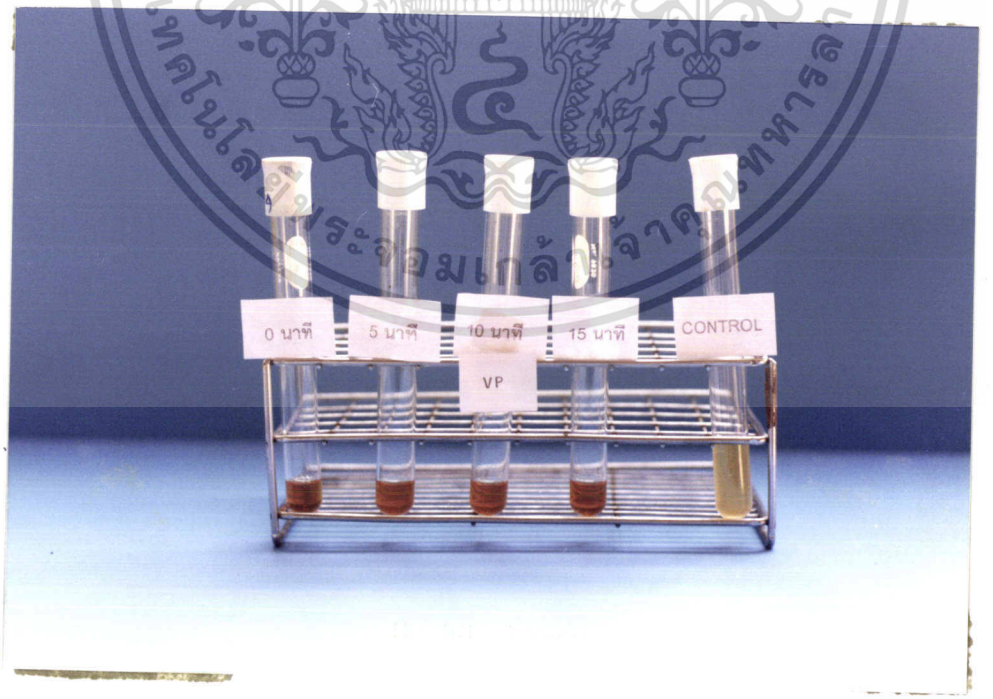
ภาพภาคผนวกที่ 2. แสดงน้ำฝรั่งขณะอยู่ในเครื่องฉายรังสีอัลตร้าไวโอเลต

ภาพภาคผนวกที่ 3. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ Indole

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ 4. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ MR



ภาพภาคผนวกที่ 5. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ VP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 6. แสดงผลการทดสอบ Biochem Test การทดสอบ Citrate

ภาพภาคผนวกที่ 7. แสดงน้ำฝรั่งบรรจุในภาชนะบรรจุขวดแก้วใสมีฝาปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาว ปิยนุช ธิราชเกื้อกูล เกิดวันที่ 15 มีนาคม 2520 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2537 จากโรงเรียน ตะพานหิน จังหวัด พิจิตร

ปี พ.ศ. 2538 เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2542

นางสาว ปุณณา จารุรัตน์ เกิดวันที่ 27 มกราคม 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา2537 จากโรงเรียน สาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒปทุมวัน จังหวัด กรุงเทพมหานคร

ปี พ.ศ. 2538 เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2542

นางสาว รัชนก สัมฤทธิ์สุทธิ์ เกิดวันที่ 25 ตุลาคม 2519 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2537 จากโรงเรียน สตรีวิทยา จังหวัด กรุงเทพมหานคร

ปี พ.ศ. 2538 เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้