การประยุกต์ใช้น้ำโอโซนและน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* Link. และ *Penicillium citrinum* Thom. ในดอกงิ้วแห้ง (*Bombax ceiba* L.)

บุษรินทร์ ท้วมแก้ว

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การประยุกต์ใช้น้ำโอโซนและน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* Link. และ *Penicillium citrinum* Thom. ในดอกงิ้วแห้ง (*Bombax ceiba* L.)

บุษรินทร์ ท้วมแก้ว

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
มิถุนายน 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

APPLICATION OF OZONATED WATER AND ESSENTIAL OILS OF HERBS AGAINST *ASPERGILLUS FLAVUS* LINK. AND *PENICILLIUM CITRINUM* THOM. IN DRIED RED COTTON FLOWERS (*BOMBAX CEIBA* L.)

BHUTSARIN THUMKEAW

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Agricultural Science

June 2020

Copyright 2020 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้น้ำโอโซนและน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อป้องกัน
การเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* Link. และ
Penicillium citrinum Thom. ในดอกงิ้วแห้ง (*Bombax ceiba* L.)

ของ บุษรินทร์ ท้วมแก้ว

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ดร.ธนะชัย พันธ์เกษมสุข)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา พิทักษ์พล)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. มนัส ทิตย์วรรณ)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล)

..... คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ สินค้างาม)

เรื่อง: การประยุกต์ใช้น้ำโอโซนและน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* Link. และ *Penicillium citrinum* Thom. ในดอกงิ้วแห้ง (*Bombax ceiba* L.)

ผู้วิจัย: บุษรินทร์ ท้วมแก้ว, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2562

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา พิทักษ์พล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิตย์วรรณ

คำสำคัญ น้ำโอโซน น้ำมันหอมระเหย เชื้อรา ดอกงิ้วแห้ง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง โดยแบ่งการทดลองเป็น 6 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 ศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง โดยการสัมภาษณ์ผู้เก็บรวมรวม จำนวน 10 ราย และผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้งจำนวน 10 ราย พบว่า การนำดอกงิ้วสดไปตากแดดในสภาพธรรมชาติเป็นเวลา 3-5 วัน จะได้ดอกงิ้วแห้งสีน้ำตาลอ่อน จากนั้นนำมาบรรจุในถุงพลาสติกใส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นพบการปนเปื้อนของเชื้อราและสีของดอกงิ้วแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำส่งผลทำให้ไม่สามารถวางจำหน่ายได้ การทดลองที่ 2 ศึกษาเชื้อราในดอกงิ้วแห้งจากตัวอย่างที่เก็บจากตลาดในท้องถิ่น พบว่าเชื้อราสาเหตุที่พบมากหรือปนเปื้อนมากที่สุด คือ *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum* ผลการทดลองที่ 3 พบว่าน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h มีประสิทธิภาพในการลดการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* (19.20%) และ *P. citrinum* (23.20%) ในขณะที่ชุดควบคุมมีการงอกของสปอร์สูงถึง 100% การใช้น้ำโอโซน 200 mg/h ในการล้างดอกงิ้วแห้งเป็นระยะเวลา 1 นาที แสดงให้เห็นว่าสามารถลดการเจริญของเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อรา *A. flavus* (0.28×10^6 cfu/g) และ *P. citrinum* (0.38×10^6 cfu/g) โดยชุดควบคุมมีค่า 1.97×10^6 และ 1.98×10^6 Cfu/g ตามลำดับ การทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพของการรมดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลู กะเพรา อบเชย ยูคาลิปตัส โหระพา สะระแหน่ และตะไคร้หอมต่อเชื้อราสาเหตุในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100% ผลการรมเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง ด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตรต่อดอกงิ้วแห้งที่ปลูกถ่ายเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* จำนวน 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ต้านเชื้อรามากที่สุด (100%) ผลการทดลองที่ 5 พบว่าการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100% เมื่อใช้น้ำโอโซน (200mg/h) ในการล้างดอกงิ้วแห้งที่มีการปลูกถ่ายเชื้อ (1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร) เป็นระยะเวลา 1 นาที ร่วมกับรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตร เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกใสเป็นระยะเวลา 7 วัน การทดลองที่ 6 ศึกษาการใช้น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 200 mg/h ในการล้างดอกงิ้วแห้ง เป็นระยะเวลา 1 นาที ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ถุงพลาสติกใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส

, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยด์แบบทึบ การล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนก่อนการบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาคุณภาพโดยรวมของดอกงิ้วแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน หลังการเก็บรักษา โดยมีค่าสี L* และค่าอัตราการดูดน้ำกลับมากที่สุด และมีปริมาณน้ำอิสระและจำนวนโคโลนีของเชื้อราน้อยที่สุด

Title: APPLICATION OF OZONATED WATER AND ESSENTIAL OILS OF HERBS AGAINST *ASPERGILLUS FLAVUS* LINK. AND *PENICILLIUM CITRINUM* THOM. IN DRIED RED COTTON FLOWERS (*BOMBAX CEIBA* L.)

Author: Bhutsarin Thumkeaw, Thesis: M.Sc. (Agricultural Science), University of Phayao, 2019

Advisor: Assistant Professor Dr. Wasna Pithakpol Co-advisor Assistant Professor Dr.Wipornpan Nuangmek Associate Professor Dr.Manas Titayavan

Keyword ozonated water essential oil fungi dried red cotton flowers

ABSTRACT

The present study aimed to investigate the effectiveness of ozonated water combined with fumigation of dried red cotton flowers with essential oils derived from herbs to inhibit the growth of *Aspergillus flavus* and *Penicillium citrinum*. Six experiments were performed under laboratory and field conditions. Experiment 1 case studies on postharvest handling and storage of dried red cotton flowers by interview 10 harvesters and 10 suppliers indicated that drying fresh flowers under natural temperatures including direct rays for 3-5 days before being packed in clear plastic bag had fungal contaminants and light brown color changed into dark colors or black resulting in unmarketable. Experiment 2 the study was designed to investigate the fungal contamination in dried red cotton flowers. Two fungal isolates belonging to 2 species; *Aspergillus flavus*, and *Penicillium citrinum* were identified from samples collected from local markets. The results of experiment 3 revealed that the ozonated water was effective at 200mg/h dose against pathogens with germinating spore of *A. flavus* (19.20%) and *P. citrinum* (23.20%) while the control set showed a high germination rate of 100%. The use of ozonated water 200 mg/h in washing dried red cotton flowers for 1 min washing time showed a significant reduction of fungal growth with total viable count of *A. flavus* ($0.28x10^6$ cfu/g) and *P. citrinum* ($0.38x10^6$ cfu/g) relative to control $1.97x10^6$ cfu/g and $1.98x10^6$ cfu/g respectively. Experiment 4 was to evaluate the effectiveness of fumigation of dried red cotton flowers with essential oils derived from clove, holy basil, cinnamon, eucalyptus, sweet basil, blam mint and citronella against the disease causal agents *in vitro*. The conditions showed that the essential oil of citronella at concentration of 10 microliters was the most effective among the tested against *A. flavus* and *P. citrinum* with 100% of growth inhibitions. Results of 96 h fumigation revealed that citronella oil use as fumigant with concentration 20 microliters to fumigant dried red cotton flowers inoculated with $1x10^6$ spore/ml of *A. flavus* and *P. citrinum* possessed the strongest (100%) antifungal activities against all pathogens. The results of experiment 5 showed that the inhibition in growth of *A. flavus* and *P. citrinum* were 100% with the use of ozonated water (200mg/h) in wash dried red cotton flowers inoculated with $1x10^6$ spore/ml of both pathogens, washed for 1 min combined with the citronella oil fumigant at concentration of 7 days. Experiment 6 a study on the use of ozonated water at 200mg/h

in the washing of dried red cotton flowers for 1 min combined with various packaging usage including; clear plastic bag, clear one side aluminium foil bag, partially clear aluminium foil bag and opaque aluminium foil bag. Data revealed that washing treatment with ozonated water before dried red cotton flowers being packed in the opaque aluminium foil bags was an appropriate way to help maintain the overall quality of dried red cotton flowers during the 120 days in storage period. The product contained high coordinate range of color scale L* and high percentage of rehydration with low water activity and a lower number of fungal colonies were observed.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ประจำปี 2560 (MSD6010147) ที่ให้งบประมาณในการสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา พิทักษ์พล ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างยิ่งที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ตลอดจนทำการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มนัส ทิตย์วรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมถึง และ ดร. ธนะชัย พันธ์เกษมสุข กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร. นครินทร์ สุวรรณราช และคณาจารย์สาขาเกษตรศาสตร์ ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาในการอำนวยความสะดวกทางด้านห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัยจนโครงการวิจัยสำเร็จได้ด้วยดีและห้องปฏิบัติการวิจัยด้านการพัฒนาแบบยั่งยืนของทรัพยากรชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นางสาวสมสุดา วรพันธ์ รุ่นพี่นิสิตปริญญาโท เพื่อน ๆ น้อง ๆ ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตรทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำการวิจัย ครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่คอยดูแล สนับสนุนและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

บุษรินทร์ ท้วมแก้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

ต้นงิ้ว 4

การทำแห้ง 6

ปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์ของแห้ง 8

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ 9

โอโซน 10

น้ำมันหอมระเหย 13

บรรจุภัณฑ์ 15

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 24

การทดลองที่ 1 ศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง 25
การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้ง.....25
การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ.....26
การทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิดต่าง ๆ 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง 29
การทดลองที่ 5 ศึกษาการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ 31
การทดลองที่ 6 ทดสอบประสิทธิภาพของการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของดอกงิ้วแห้งในระดับโรงงาน.....33
บทที่ 4 ผลการวิจัย 36
การทดลองที่ 1 ศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง 36
การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้ง..... 44
การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ 51
การทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิดต่าง ๆ 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง 57
การทดลองที่ 5 ศึกษาการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งระดับห้องปฏิบัติการ 69
การทดลองที่ 6 ทดสอบประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน..... 77
บทที่ 5 บทสรุป.....97
บรรณานุกรม 104
ภาคผนวก.....112

ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง 113

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพของดอกงิ้ว 115

ภาคผนวก ค แบบสอบถามเพื่อวิจัย 118

ประวัติผู้วิจัย 122

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงกรรมวิธีการศึกษาประสิทธิภาพการล้างด้วยน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง 27

ตาราง 2 แสดงกรรมวิธีการศึกษาการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ..... 31

ตาราง 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามของผู้เก็บและรวบรวมดอกงิ้ว.....38

ตาราง 4 แสดงข้อมูล สถานที่ และระยะเวลาในการเก็บและรวบรวมดอกงิ้วแห้ง 39

ตาราง 5 แสดงข้อมูลการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้งของผู้เก็บดอกงิ้วแห้ง.....40

ตาราง 6 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง 42

ตาราง 7 แสดงข้อมูลปัญหาและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง.....43

ตาราง 8 แสดงจำนวนเชื้อที่พบในดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา และแพร่ 45

ตาราง 9 แสดงจำนวนเชื้อที่พบในดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่ 46

ตาราง 10 แสดงจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มที่แยกได้จากดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา และแพร่ 47

ตาราง 11 แสดงจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มที่แยกได้จากดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่ 48

ตาราง 12 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการงอกของสปอร์ (%) ของเชื้อรา *A. flavus* ในสภาพห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง 52

ตาราง 13 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อความยาว Germ tube ของสปอร์เชื้อ *A. flavus* ในสภาพห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....53

ตาราง 14 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการงอกของสปอร์ (%) ของเชื้อรา *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง 54

ตาราง 15 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อความยาว Germ tube ของสปอร์เชื้อ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง 54

ตาราง 16 จำนวนโคโลนีของเชื้อราภายหลังการล้างด้วยน้ำโอโซนเป็นระยะเวลา 7 วัน 56

ตาราง 17 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ในระดับห้องปฏิบัติการที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 60

ตาราง 18 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ในระดับห้องปฏิบัติการที่..... 61

ตาราง 19 แสดงผลของระยะเวลาในการรมดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งหลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน.....65

ตาราง 20 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของผลของระยะเวลาในการรมดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งหลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน.....66

ตาราง 21 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อปริมาณน้ำอิสระของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน.....71

ตาราง 22 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราในดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน 72

ตาราง 23 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อค่า L* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน 73

ตาราง 24 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อค่า a* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน 74

ตาราง 25 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อค่า b* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน 75

ตาราง 26 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไตร้หอมต่อค่าความแตกต่างของสีของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน 76

ตาราง 27 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำอิสระของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน 81

ตาราง 28 แสดงปริมาณน้ำอิสระของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำอิสระของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน 82

ตาราง 29 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่ออัตราการดูดน้ำกลับของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน 83

ตาราง 30 แสดงอัตราการดูดน้ำกลับของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน 84

ตาราง 31 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราในดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน 85

ตาราง 32 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ของเชื้อราในดอกงิ้วแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน 86

ตาราง 33 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า L* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน.....87

ตาราง 34 แสดงผลของการล้างด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า L* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2 % เป็นเวลา 120 วัน 88

ตาราง 35 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า a* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน.....89

ตาราง 36 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า a* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน.....90

ตาราง 37 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า b* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน..... 91

ตาราง 38 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า b* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน.....92

ตาราง 39 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่าความแตกต่างของสีของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน.....93

ตาราง 40 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่าความแตกต่างของสีของดอกงิ้วแห้งที่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน.....94

ตาราง 41 ผลการตรวจสารอะฟลาทอกซินโดยชุดทดสอบในดอกงิ้วแห้งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนและบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน.....95

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 ต้นงิ้วและดอกงิ้ว 4

ภาพ 2 กลไกลการเข้าทำลายจุลินทรีย์ของโอโซน 12

ภาพ 3 แผนภาพขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย 24

ภาพ 4 การทดสอบน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 29

ภาพ 5 ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ 34

ภาพ 6 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราที่แยกได้จากดอกงิ้วแห้ง 49

ภาพ 7 แสดงขนาดของชิ้นส่วน DNA ที่เพิ่มจำนวนได้ในส่วนบริเวณตำแหน่ง ITS (ITS1 and ITS4) primer (A), LSU (LROR and LR5) primer (B), Beta-tubulin (BT2a and BT2b) primer (C), Actin (783R and 512F) prime (D) และ r RPB-2 (RPB1 and RPB2) primer (E) 50

ภาพ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 58

ภาพ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. citrinum* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 14 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 59

ภาพ 10 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 62

ภาพ 11 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. citrinum* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อ

จานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 14 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 63

ภาพ 12 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* ในดอกงิ้วแห้งที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) เป็นระยะเวลา (A) ชุดควบคุม (B) 3 ชม. (C) 6 ชม. (D) 12 ชม. (E) 24 ชม. (F) 48 ชม. (G) 72 ชม.และ (H) 96 ชม. หลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน 67

ภาพ 13 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) เป็นระยะเวลา (A) ชุดควบคุม (B) 3 ชม. (C) 6 ชม. (D) 12 ชม. (E) 24 ชม. (F) 48 ชม. (G) 72 ชม.และ (H) 96 ชม. หลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน 68

ภาพ 14 แสดงผลการทดสอบตัวอย่างอะฟลาทอกซิน.....95

ภาพ 15 แสดงลักษณะของดอกงิ้วแห้งในถุงบรรจุภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน 96

ภาพ 16 แสดงระบบการวัดสีโดยใช้ค่า L*, a*, b*.....116

ภาพ 17 แสดงอุปกรณ์ชุดทดสอบสารพิษอะฟลาทอกซิน.....116

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดอกงิ้วแห้งเป็นส่วนของเกสรตัวผู้ของงิ้วแดง (*Bombax ceiba* L.) (คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ, 2557) และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการปรุงอาหาร เช่น ขนมจีนน้ำเงี้ยว แกงแค ซึ่งเป็นอาหารพื้นบ้านทางล้านนา มีจำหน่ายมากในจังหวัดภาคเหนือตอนบน เช่น เชียงราย เชียงใหม่ แพร่ น่าน ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน และจังหวัดอื่น ๆ ทั่วประเทศไทย เช่น อุตรดิตถ์ พิษณุโลก เพชรบูรณ์ เลย ในปัจจุบันดอกงิ้วค่อนข้างหายากมากเนื่องจากต้นงิ้วแดงจะพบมากในภาคเหนือตอนบนและมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้เพียง 2 เดือน คือ เดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (สารานุกรมวิกีพีเดีย, 2556) ทำให้ดอกงิ้วเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบอาหารทั้งในประเทศและต่างประเทศ การทำดอกงิ้วแห้งทำได้โดยรวบรวมดอกงิ้วที่ร่วงหล่น จากนั้นดึงเอากลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียออก ให้เหลือเฉพาะก้านเกสรตัวผู้ หลังจากนั้นนำมาตากแดดให้แห้ง เมื่อตากแห้งจะมีสีน้ำตาลอ่อน และดอกงิ้วแห้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น เป็นส่วนประกอบของอาหาร เช่น แกงแค ขนมจีนน้ำเงี้ยว (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2548) และก้านเกสรดอกงิ้วแห้งมีสรรพคุณทางยาระงับอาการปวดและช่วยแก้อาการกระหายน้ำ (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2557)

ปัญหาที่สำคัญของดอกงิ้วแห้งพบว่ามีเชื้อราเกิดขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการปนเปื้อนในอาหารและไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งจะพบทุกกระบวนการของห่วงโซ่อาหาร ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การตากแห้ง การเก็บรักษา การจำหน่าย และการบริโภค ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะลดการปนเปื้อนในเชื้อราและลดการเจริญของเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง โดยศึกษาชนิดเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้งที่รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ ในเขตภาคเหนือตอนบน ศึกษาการใช้น้ำโอโซนในการล้างดอกงิ้วแห้งเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อรา และศึกษาการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราในดอกงิ้วแห้งระหว่างการเก็บรักษา และทำการทดสอบวิธีการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรร่วมกับการบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราและคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อรา และเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้งของเกษตรกรและผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง

2. เพื่อศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้ง

3. เพื่อศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง

4. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง

5. เพื่อศึกษาการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และคุณภาพของดอกงิ้วแห้ง

6. เพื่อศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้งของเกษตรกรและผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง

2. ศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้งจากแหล่งจำหน่ายดอกงิ้วแห้งในเขตภาคเหนือตอนบน คือ จังหวัดน่าน พะเยา เชียงราย ลำปาง แพร่ และเชียงใหม่

3. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง

4. ศึกษาระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยกานพลู กะเพรา อบเชย ยูคาลิปตัส โหระพา สะระแหน่ และตะไคร้หอม เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง

5. ศึกษาการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และคุณภาพของดอกงิ้วแห้ง

6. ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ข้อมูลกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้งของเกษตรกรและผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง

2. ได้ข้อมูลชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้งจากแหล่งจำหน่ายดอกงิ้วแห้งในเขตภาคเหนือตอนบน

3. ได้ข้อมูลความเข้มข้นที่เหมาะสมในการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนดอกงิ้วแห้ง

4. ได้ข้อมูลระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และคุณภาพในดอกงิ้วแห้ง

5. เพื่อศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน

6. สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อราบนดอกงิ้วแห้งได้ และสามารถประยุกต์ใช้กับผลิตผลชนิดอื่น ๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ต้นงิ้ว

ต้นงิ้ว หรือ งิ้วป่า จัดเป็นพืชในสกุล Bombax ในประเทศไทยมีรายงานว่ามีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 งิ้ว (*Bombax ceiba* L.) ชนิดที่ 2 งิ้วป่าดอกแดง (*Bombax insigne* Wall) และชนิดที่ 3 งิ้ว (*Bombax anceps* Pierre) ซึ่งสามารถแยกย่อยได้อีก 2 ชนิดย่อย ได้แก่ (งิ้วป่าดอกขาว, *Bombax anceps* Pierre var. Anceps) และง้าว (*Bombax anceps* var. cambodiense (Pierre) Robyns) (คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ, 2557)

ภาพ 1 ต้นงิ้วและดอกงิ้ว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2557)

ต้นงิ้วเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ลำต้นสูงประมาณ 15–25 เมตร และความกว้างของทรงพุ่มประมาณ 15 เมตร ลำต้นตรง มีหนามอยู่ทั่วลำต้นและกิ่ง ใบงิ้ว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือมีใบย่อยประมาณ 3–7 ใบ เรียงสลับกัน ลักษณะของใบเป็นรูปรีถึงรูปไข่ ปลายใบเรียวแหลม โคนใบสอบเรียว ส่วนขอบใบเรียบ ใบกว้างประมาณ 3–6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 15–25 เซนติเมตร ใบสีเขียวไม่มีขน แผ่นใบค่อนข้างหนาและเกลี้ยง ดอกงิ้ว ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตามปลายกิ่งหรือตามปลายยอด ดอกมีขนาดใหญ่สีชมพูแกมเลือดหมู สีแดง สีแสด ออกดอกเป็นกระจุกหรือกลุ่ม กลุ่มละ 3–5 ดอก ฐานรองดอกเป็นรูปถ้วยหรือเป็นกลีบเลี้ยงติดกัน ปลายแยกออกเป็น 5 กลีบ ขนาดเล็ก สีเขียวอ่อน ส่วนกลีบดอกมีขนาดใหญ่และหนา ดอกบานเต็มที่จะมีความกว้างประมาณ 8–10 เซนติเมตร ปลายกลีบจะแผ่ออกและม้วนกลับมาทางขั้ว

ของดอก ดอกมีเกสรตัวผู้เป็นเส้นยาวจำนวนมาก เรียงกระจายเป็นวงรอบ สีขาวปนชมพู ส่วนเกสรตัวเมียมี 1 อัน สีชมพู บริเวณปลายเป็นจุดสีเข้ม มีความเหนียว ส่วนรังไข่อยู่เหนือวงกลีบหลุดร่วงได้ง่าย ผลงิ้วหรือฝักงิ้ว ผลมีลักษณะยาวรีคล้ายฝักรูปทรงกระบอก ที่ปลายทั้งสองข้างของผลจะแหลม ผลอ่อนเป็นสีเขียว เมื่อแก่จะเป็นสีน้ำตาล เปลือกของผลแข็ง มีความยาวประมาณ 15–20 เซนติเมตร และเมื่อแก่จัดจะแตกอ้าตามรอยประสาน ในผลมีเส้นหรือปุยสีขาว เมล็ด เมล็ดขนาดเล็กจำนวนมาก ลักษณะเป็นรูปทรงกลมสีดำ และถูกห่อหุ้มด้วยปุยสีขาว

ประโยชน์ของงิ้ว

1. เกสรตัวผู้จากดอกนำไปตากแห้ง ใช้ประกอบอาหารทางภาคเหนือ เช่น ขนมจีนน้ำเงี้ยว แกงแค อีกทั้งยังมีคุณค่าทางอาหารสูงมาก โดยมีธาตุแคลเซียมสูงถึง 429 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งสูงกว่านมที่มีแคลเซียมอยู่ประมาณ 123 มิลลิกรัม/100 กรัม (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2557)

2. ใบและยอดอ่อนใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์เลี้ยง (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2548)

3. ใช้ปลูกไม้ประดับในสนามกว้าง ๆ ทั่วไป ต้นงิ้วมีรูปทรงของลำต้นที่สวยงาม สูงเด่นสง่า เรือนยอดแผ่กว้างให้ร่มเงาได้เป็นอย่างดี สามารถเพาะปลูกได้ง่าย เป็นไม้ผลัดใบทั้งต้นให้ดอกสีแดงหรือส้มสีเหลืองทั้งต้น ดอกมีขนาดใหญ่ (สมุนไพรดอทคอม, 2554)

4. ต้นงิ้วเป็นไม้เนื้ออ่อน สีขาวหรือเหลืองอ่อน เสี้ยนหยาบ นิยมนำมาใช้ทำหีบและลังสำหรับใส่ของ ใช้ทำไม้อัด ไม้จิ้มฟัน ก้านไม้ขีด กล่องไม้ขีด หรือนำมาแปรรูปทำไม้แบบหรือไม้ต่อโลงศพหรือประสาทเผาศพ (สมุนไพรดอทคอม, 2554)

5. ปุยนุ่นของฝักหรือผลแก่สามารถนำมาใช้ทำเครื่องนุ่งห่มด้วยการนำมาใช้ยัดเบาะฟูกหมอน (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2548)

6. เปลือกต้นให้เส้นใย สามารถนำมาใช้ทำเชือกได้ โดยจะมีความเหนียวมาก แต่จะแข็งและหยาบ จึงเหมาะที่จะใช้มัดของใหญ่ ๆ (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2548)

7. น้ำมันจากเมล็ดสามารถนำมาใช้ปรุงอาหาร ใช้ทำสบู่ (ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2557)

8. ชาวเหนือและชาวภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะนำเปลือกงิ้วแดงมาทำสี โดยจะให้สีน้ำเงิน ใช้สำหรับย้อมสีจำพวกผ้าฝ้ายได้ (สมุนไพรดอทคอม, 2554)

การทำแห้ง

การทำแห้ง (drying) หรือ การดึงน้ำออก เป็นวิธีการถนอมอาหาร (food preservation) โดยลดความชื้น (moisture content) ของอาหารด้วยการระเหยน้ำ ด้วยการอบแห้ง (dehydration) การทอด (frying) หรือการระเหิดน้ำส่วนใหญ่ในอาหารออก (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2550) การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มนุษย์คุ้นเคยมาตั้งแต่โบราณ เช่น การตากเมล็ดพันธุ์พืช ตากเนื้อสัตว์ผัก ผลไม้และธัญพืช เช่น เนื้อเค็ม กล้วยตาก ข้าวเปลือก เป็นต้น (สถานบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งชาติและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2554)

วัตถุประสงค์ของการทำแห้งอาหาร (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2550)

1. ยืดอายุการเก็บรักษา การทำแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด เช่น รา (mold) ยีสต์ (yeast) แบคทีเรีย (bacteria) ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย (microbial spoilage) ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme) หรือชะลอปฏิกิริยาต่าง ๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมีซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย (food spoilage)

2. ทำให้อาหารปลอดภัย การลดปริมาณน้ำในอาหารโดยการทำแห้งทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity) น้อยกว่า 0.6 ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) รวมทั้งยับยั้งการสร้างสารพิษของเชื้อรา (mycotoxin) เช่น aflatoxin

3. เพื่อทำให้อาหารมีน้ำหนักเบา ลดปริมาตร ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง การบริโภค หรือการนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปต่อเนื่องด้วยวิธีอื่น ๆ

4. สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น

วิธีการทำแห้ง (อาทิตยา พัฒนพิบูลย์ และ อมรชัย อาภรณ์วิชานพ, 2557)

1. การทำแห้งด้วยแสงแดด (sun drying) โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นวิธีการที่เก่าแก่ที่สุด ตั้งแต่ในสมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน เพราะว่าวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อย ใช้อุปกรณ์น้อย และกรรมวิธีการตากแห้งง่ายจึงเป็นวิธีการสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน แต่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง ประสิทธิภาพการทำแห้งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ซึ่งไม่สามารถควบคุมระดับความร้อน อุณหภูมิได้ ทำให้การควบคุมคุณภาพอาหารแห้งทำได้ยาก

2. การทำแห้งด้วยความร้อน (hot air drying) โดยใช้อุปกรณ์เข้าช่วยเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากแห้งตามที่ต้องการ และมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้สะอาด ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดด เครื่องทำแห้ง ชนิดต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะใช้หลักการนำและการพาความร้อนในการตากแห้ง

3. การทำแห้งด้วยความเย็น (freeze drying) การแช่แข็งแล้วทำให้แห้งในสุญญากาศ เป็นวิธีการทำให้เนื้อสัตว์แห้งโดย การระเหิด (sublimation) น้ำออกจากชิ้นเนื้อในสภาวะที่เป็นน้ำแข็ง ในสภาพสุญญากาศ ชิ้นเนื้อจะถูกทำให้เย็นลงจนถึงจุดเยือกแข็งโดยเร็วจนน้ำภายในชิ้นเนื้อกลายเป็นน้ำแข็ง น้ำแข็งเหล่านี้เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นและควบคุมความดันสุญญากาศให้เหมาะสมหรือควบคุมความดันให้เท่ากับหรือต่ำกว่าความดัน ณ จุดเปลี่ยนสภาวะของน้ำ (triple point of water) น้ำแข็งจะสามารถระเหิดกลายเป็นไอน้ำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวก่อน ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูพรุน โปร่ง คงรูปร่างเดิมได้ดี มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 2.0 และสามารถดูดน้ำกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ง่าย

เครื่องทำแห้ง

1. เครื่องตากแห้งแบบตู้อบลมร้อนไฟฟ้า (cabinet dryer) ใช้หลักการพาความร้อนมีลักษณะเป็นตู้ซึ่งมีช่องเข้าของอากาศดูดเข้าไปในตู้อบผ่านคอยล์ร้อนโดยใช้พัดลมก่อนลมร้อนแห้งจะถูกเป่าเข้าไปในห้องอบแห้ง ผ่านตะแกรงกรองเพื่อทำให้อากาศสะอาด ลมร้อนแห้งจะระเหยเอาน้ำจากอาหารระหว่างการอบ ลมร้อนชื้นที่ผ่านอาหารจะถูกปล่อยออก ใช้ในการตากอาหารพวกผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2555ก)

2. เครื่องระเหยแห้ง (spray dryer) ใช้หลักการพาความร้อนในการตากอาหารพวกไข่ น้ำนมโค น้ำนมถั่วเหลือง เป็นต้น อาหารที่จะเข้าเครื่องมือจะอยู่ในสภาพของเหลวหรือคล้ายแป้งเปียก และได้อาหารตากแห้งเป็นผงแห้ง มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2555ข)

3. เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) ใช้หลักการนำความร้อนตากอาหารพวกน้ำนม น้ำผัก กล้วย ทุเรียน เป็นต้น ต้องเป็นพวกของเหลวหรือมีลักษณะคล้ายแป้งเปียก ภายในเครื่องประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอกหนึ่งลูก (single drum dryer) หรือสองลูก (double drum dryer) ลูกกลิ้งมักทำด้วยเหล็กปลอดสนิม (stainless steel) ผิวเรียบภายในกลวง เมื่อลูกกลิ้งหมุนเคลื่อนที่ไปครบรอบ อาหารจะแห้งพอดี แล้วถูกขูดออกด้วยใบมีด อาหารแห้งมีลักษณะเป็นแผ่นบาง (flake) อาจนำมาผ่านการบดให้เป็นผงละเอียด (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2555ค)

4. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer) ใช้หลักการนำความร้อนในการตากอาหารที่อยู่ในลักษณะแช่แข็ง อาหารที่เหมาะในการตากคือ เนื้อแช่แข็ง ได้เนื้อที่ดี มีความหนาแน่นน้อยกว่าตากแห้ง ชนิดอื่น การตากแห้งชนิดนี้ใช้อุณหภูมิต่ำในการตาก ความชื้นจากอาหารจะกระจายไปสู่บรรยากาศโดยวิธีการระเหิด แต่วิธีการนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตากแห้งสูง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2555ง)

ปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์ของแห้ง

ปัญหาที่สำคัญและพบเป็นประจำ คือ การเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์ของแห้ง เชื้อราจะพัฒนาได้ง่ายหากได้รับความชื้นหรือละอองน้ำ หรือหากเก็บไว้ในในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง ส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อในกลุ่มที่เข้าทำลายหรือหลังการเก็บเกี่ยวนี้ เช่น สปอร์ หรือส่วนขยายพันธุ์อื่น ๆ (สมศิริ แสงโชติ, 2554) พบปนเปื้อนอยู่ที่ส่วนผิวผลิตภัณฑ์ของแห้งหรือในระหว่างการขนย้ายหรือการปฏิบัติอื่น ๆ โดยส่วนของเชื้อเหล่านี้พบอยู่ในทั่วไปในธรรมชาติ ทั้งในดิน เป็นต้น สปอร์ของแบคทีเรียและของราหลายชนิดอยู่ในอากาศสามารถแพร่กระจายไปได้ไกล และปนเปื้อนในอาหาร ทำให้อาหารเน่าเสีย นอกจากนี้ในอากาศยังมีฝุ่นละอองและสารแขวนลอยต่าง ๆ สารเหล่านี้ยังพาจุลินทรีย์ไปกับลม ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ จุลินทรีย์ในอากาศมีหลายชนิดทั้งที่ไม่ทำให้เกิดโรค และที่ทำให้เกิดโรค เช่น *Bacillus* spp. พบเสมอในอากาศ หลายสปีชีส์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค ในขณะที่ *Micobacterium tuberculosis* เป็นแบคทีเรียที่สามารถแพร่กระจายและก่อให้เกิดโรควัณโรคได้ (วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก, 2560) ชนิดของเชื้อราที่มีรายงานปนเปื้อนในอาหารได้แก่ *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Emericella* และ *Eurotium* เป็นต้น และการปนเปื้อนเชื้อราในอาหารหรือในห่วงโซ่อาหาร ทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เนื้อสัมผัส กลิ่น รส คุณภาพทางโภชนาการที่เปลี่ยนไปจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ อนามัยของมนุษย์และสัตว์ นอกจากเชื้อราจะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียแล้ว เชื้อรายังผลิตสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะ สารพิษอะฟลาทอกซิน คือ สารพิษที่เชื้อรา *A. flavus* สร้างขึ้นเมื่อมีอาหารและสภาพแวดล้อมเหมาะสม สารพิษชนิดนี้พบในสภาพธรรมชาติมี 4 ชนิด คือ B1, B2, G1 และ G2 นอกจากนี้ยังพบ M1 และ M2 ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ B1 และ B2 ในน้ำนมของคน (วัชรี เสาร์เทพ, อรอุมา เพียซ้าย และ พัชรวิกา ใจจักรคำ, 2559) ซึ่งอะฟลาทอกซิน B1 ซึ่งเป็นสารพิษที่มีความเป็นพิษสูงและเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogens) และยังลดคุณค่าทางด้านเศรษฐกิจ ทำให้ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (เสาวภา คุปตภากร, 2542)

1. สารอาหาร (nutrient content) จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการอาหารที่แตกต่างกัน อาหารสำหรับทำให้เกิดพลังงาน อาหารสำหรับการเจริญเติบโต และ พวก growth factor หรือ วิตามินต่าง ๆ แหล่งพลังงานที่ใช้กันมากคือพวกคาร์โบไฮเดรท โดยเฉพาะน้ำตาล จุลินทรีย์หลายชนิดไม่สามารถใช้น้ำตาลแลคโตสที่อยู่ในนมได้จึงไม่ค่อยเจริญในน้ำนม

2. ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปแบคทีเรียต้องการความชื้นมากกว่ายีสต์ และยีสต์มีความต้องการมากกว่าเชื้อรา อาหารแต่ละชนิดจะเสียเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ หากปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าต่ำกว่า 0.6 จะส่งผลทำให้เชื้อราหยุดการเจริญเติบโต

3. ความเป็นกรด–ด่าง (pH) ของอาหาร ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญและทำลายของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปแบคทีเรียส่วนมากเจริญได้ดีที่ค่า pH ประมาณ 7.0 (6.6–7.5) ยีสต์และราจะเจริญได้ดีในอาหารที่เป็นกรดมากกว่าแบคทีเรีย ยกเว้นแบคทีเรียพวกที่ทำให้เกิดกรดในนมเปรี้ยว และผักดอง เป็นต้น

4. ออกซิเจน (oxidation–reduction potential) หรือความต้องการออกซิเจนที่อยู่รอบ ๆ อาหารและสารที่เป็นองค์ประกอบของอาหารซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์หรือออกซิไดซ์มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ สามารถจัดกลุ่มจุลินทรีย์ตามความในการใช้ออกซิเจนได้ ดังนี้

4.1 กลุ่มที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (aerobe)

4.2 กลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (anaerobe)

4.3 พวกที่เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (facultative)

4.4 พวกที่ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญเติบโต (microaerophilic)

5. สารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ สารยับยั้งชนิดที่แบคทีเรียสร้างขึ้นเองในระหว่างที่เจริญ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ เช่น สารปฏิชีวนะ เป็นต้น สารยับยั้งที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ เช่น ไลโซไซม์ (lysozyme) และคอนแอลบูมิน (conalbumin) ซึ่งอยู่ในส่วนประกอบของไข่ขาว และสารยับยั้งที่เติมลงไปในอาหารเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน เช่น เกลือ โพรพิออเนต และเกลือซอร์เบต เป็นต้น

โอโซน

ก๊าซโอโซน (ozone or activated oxygen) ประกอบด้วยธาตุออกซิเจน 3 อะตอมรวมกัน มีสูตรโมเลกุล O_3 ก๊าซโอโซนสามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์ และบนพื้นผิวโลก ลักษณะการเกิดเป็นผลมาจากการเกิดฟ้าแลบและฟ้าคะนองซึ่งจะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นและมีความต่างศักย์ทางไฟฟ้าสูง ทำให้ก๊าซออกซิเจนแตกตัวแล้วรวมตัวกันใหม่เป็นก๊าซโอโซน (สืบตระกูล วิเศษสมบัติ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

$$O_2 + e \text{ (high energy)} \longrightarrow 2O + e \text{ (low energy)}$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

ประโยชน์ของโอโซน

โอโซนเป็นสารออกซิไดส์ สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ เชื้อรา โปรโตซัวร์ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเสื่อมเสีย (microbial spoilage) และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (pathogen) เช่น *Escherichia coli*, *Listeria* spp., *Vibrio* spp. และ *Salmonella* spp. (ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์, 2547) จากรายงานของ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, (2559) โอโซนได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ใช้ล้างวัตถุดิบ (raw material cleaning) โดยเป็นสารฆ่าเชื้อ (sanitizer) ใช้กับวัตถุดิบหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ สมุนไพร และเนื้อสัตว์ ใช้ทำความสะอาด (cleaning) เพื่อฆ่าเชื้อ สถานที่ผลิต สถานที่เก็บรักษาอาหาร อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป การขนส่ง ใช้ฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์ เช่น ใช้น้ำโอโซน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร แทนคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อในขวดบรรจุน้ำดื่มในภาชนะที่ปิดสนิท ใช้ในการรม (fumigation) เพื่อควบคุมแมลงที่ผิวอาหาร กำจัดเอทิลีน (ethylene) เพื่อชะลอการสุกของผลไม้ และใช้บำบัดน้ำเสีย (waste water treatment) ในปี 1976 องค์กรปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency, 1999) พบว่า โอโซนสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ (antimicrobial agent) และรับรองความปลอดภัยในการใช้โอโซนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเช่นเดียวกับองค์อาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Food and Drug Administration U.S.FDA) ยอมรับการใช้โอโซนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และมีความปลอดภัยในการใช้กับอาหาร ตลอดจนรายงานการศึกษาของ Alexopoulos Anthanasios et al., (2013) พบว่ากะหล่ำ (*Lactuca sativa*) และพริกหวาน (*Capsicum annuum*) ที่ล้างด้วยน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยลดปริมาณแบคทีเรียได้ และมีประสิทธิภาพมากกว่าการล้างด้วยน้ำคลอรีน สอดคล้องกับการศึกษาของ Karaca Hakan and Velioglu Y. Sedat, (2014) ที่ทำการล้างกะหล่ำ

ผักโขม และขึ้นฉ่าย ด้วยน้ำกลั่น น้ำโอโซน 12 มิลลิกรัมต่อลิตร และ น้ำคลอรีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า น้ำโอโซนสามารถควบคุมเชื้อ *Escherichia coli* และ *Listeria innocua* ในขึ้นฉ่ายได้ แต่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี กรดแอสคอร์บิกปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และกิจกรรมของ antioxidant ลดลง ดังนั้นจากคุณสมบัติที่ดีของโอโซนที่ใช้ในการลดหรือกำจัดสารต่าง ๆ ได้ดีแล้วจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการลดหรือกำจัดแมลง และเชื้อจุลินทรีย์ได้

คุณสมบัติของโอโซน (สืบตระกูล วิเศษสมบัติ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

1. มีคุณสมบัติเป็นสารที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมีทั้งกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้ กว้างขวางโดยไม่ก่อผลตกค้างที่เป็นพิษ

2. มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีโดยเฉพาะการฆ่าเชื้อไวรัสได้เร็วกว่าคลอรีนถึง 10 เท่า โดยมีหลักการ คือจะทำลาย cell wall ของแบคทีเรียและจะทำลายโปรตีนหุ้ม (coat protein) ไวรัสทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับ ORP มากกว่า 600 มิลลิโวลล์หรือที่ความเข้มข้นโอโซนสูงกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่า coliform bacteria จะถูกทำลายทั้งหมด โดยสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยคลอรีนจะต้องใช้เวลาถึง 4 วัน ในขณะที่โอโซนใช้เวลาเพียง 2 นาที

3. มีประสิทธิภาพในการสลายกลิ่นของสารระเหยต่าง ๆ ได้ดีด้วยการทำปฏิกิริยาเคมีและเปลี่ยนโครงสร้างของสาร เช่น โอโซนทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลินได้น้ำ ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ

$$HCHO + 2O_3 \longrightarrow H_2O + 2O_2 + CO_2$$

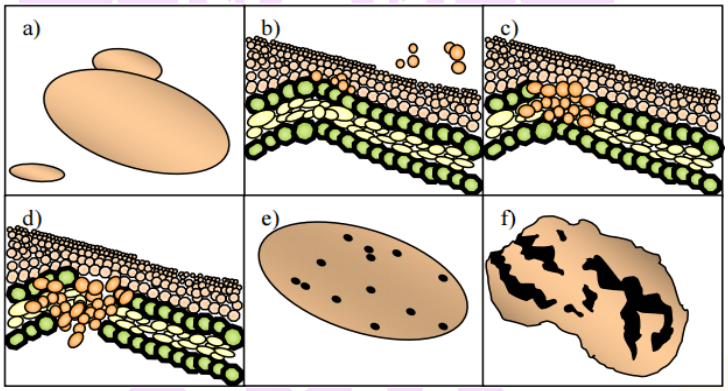
4. มีประสิทธิในการออกซิไดซ์โลหะหนักในน้ำเสียต่าง ๆ เช่น ทำปฏิกิริยาโดยออกซิไดซ์สนิมเหล็ก Fe^{2+} เป็น Fe^{3+} ซึ่งตกตะกอนและกรองออกได้

5. มีประสิทธิภาพในการสลายสีใน น้ำทิ้ง น้ำเสีย ได้ดีด้วยการทำปฏิกิริยาเคมีและการเปลี่ยนโครงสร้าง

6. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและตะไคร้น้ำ ในระบบน้ำหล่อเย็น (cooling tower) ทำให้การถ่ายเทความร้อนของระบบดีขึ้น และช่วยประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

กลไกการทำงานของโอโซนต่อเชื้อจุลินทรีย์

กลไกลการยับยั้งจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ โมเลกุลของโอโซนเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ทำเกิดการรั่วไหลของสารประกอบภายในเซลล์ การถูกทำลายของส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก (purines และ pyrimidines) ทำให้พันธะระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C–N) แตกหักเสียหาย นำไปสู่กระบวนการแยกโมเลกุลของสาร (depolymerization) จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์นั้นไม่สามารถเจริญต่อไปได้ (Cho Min et al., 2010) หรือการเข้าทำลายระบบหายใจ (respiratory system) ของเซลล์จุลินทรีย์ นอกจากนี้โอโซนสามารถทำลายเอนไซม์ DNA และ RNA ของเซลล์จุลินทรีย์ โอโซนเป็นสารฆ่าเชื้อได้ดีกว่าคลอรีนสามารถทำลายแบคทีเรีย ไวรัส รา ยีสต์ และสปอร์ (เทิดพันธ์ ธรรมรัตนพงษ์ และคณะ , 2559)



ภาพ 2 กลไกลการเข้าทำลายจุลินทรีย์ของโอโซน

ที่มา (Beth Hamil, 2017)

ประสิทธิภาพการทำงานของโอโซน (ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์ และคณะ 2547)

1. ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity) โอโซนจะ มีประสิทธิภาพสูงขึ้นถ้าในอาหารมีความชื้นสัมพัทธ์สูง คือ ในอาหารที่มี a_W (water activity) สูงจะมีความไวในการตอบสนองกับโอโซนได้มากกว่าอาหารที่มี a_W ต่ำ

2. อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิของตัวกลางที่ลดลงมีผลทำให้โอโซนละลายได้ดีขึ้น ทำให้โอโซนมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีขึ้นแต่ในขณะเดียวกันที่อุณหภูมิสูงขึ้นโอโซนจะสลายตัวได้ง่าย

3. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เมื่อ pH ลดลงทำให้โอโซนสามารถคงตัวได้ดีขึ้น และในทางกลับกันที่ pH สูงขึ้นโอโซนสามารถสลายตัวได้ดีขึ้น

น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ ผล ราก ลำต้น ตลอดจนเมล็ด ซึ่งจะพบความแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด (จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) เป็นสารประกอบทุติยภูมิ มีลักษณะทั่วไปเป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อน ๆ มีกลิ่นเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ (พิชญดา ฉายแสง, 2552)

กลไกการทำงานของน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อจุลินทรีย์

น้ำมันหอมระเหยสามารถควบคุมเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลหลายชนิด เนื่องจากสารสกัดจากพืชมีสารประกอบที่สำคัญหลาย ชนิด เช่น eugenol, cnnamaldehyde, thymol เป็นต้น (Minas Ioannis S. et al, 2010) เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้ไม่ชอบน้ำทำให้น้ำมันหอมระเหยสามารถแทรกตัวในส่วนของไขมันที่เป็นส่วนประกอบของเซลล์และไมโตคอนเดรียทำให้ผนังเซลล์เกิดการซึมผ่านเข้าออกระหว่างสารภายนอกกับสารภายในเซลล์มากขึ้น ส่งผลให้เซลล์เกิดการบาดเจ็บและตายลงในที่สุด (Calo et al., 2015) ในด้านการออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรีย พบว่า สารประกอบในน้ำมันหอมระเหยออกฤทธิ์ต้านทานต่อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ แต่แบคทีเรียแกรมบวกมีความไวต่อสารต้านจุลินทรีย์มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบมีโครงสร้างของผนังเซลล์ที่ซับซ้อนมากกว่า มีความหนาของผนังเซลล์เนื่องจากผนังเซลล์ชั้นนอกเป็นสารประกอบในกลุ่ม lipopolysaccharide จึงทำให้ผนังเซลล์แกรมลบมีความแข็งแรงทนทานกว่าแบคทีเรียแกรมบวก (Goni Pilar et al., 2009)

ข้อจำกัดและเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของน้ำมันหอมระเหย

1. การใช้สารเดี่ยวในระดับความเข้มข้นสูงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน สามารถออกฤทธิ์ในการทำลายหรือต้านจุลินทรีย์ได้ แต่การใช้น้ำมันหอมระเหยกับอาหารที่มีระดับความเข้มข้นสูงเกินไปจะส่งผลให้เกินระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (Prakash Bhanu et al., 2018)

2. การใช้น้ำมันหอมระเหยร่วมกับสารอื่นหรือใช้ร่วมกับวิธีอื่นที่ผสมผสานจะต้องใช้ระดับความเข้มข้นที่ให้ผลออกฤทธิ์ในการต่อต้านจุลินทรีย์ได้ หากมีการใช้ในระดับความเข้มข้นในปริมาณที่ต่ำกว่าความเข้มข้นที่ให้ผลออกฤทธิ์ได้นั้นจะส่งผลให้จุลินทรีย์เกิดการกลายพันธุ์ได้ (Prakash Bhanu et al., 2018)

3. การใช้เทคโนโลยีของฟิล์มและสารเคลือบบริโภคเพื่อเพิ่มความคงตัวน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ได้นานขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้แม้ใช้ในปริมาณเล็กน้อย เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจะออกฤทธิ์ได้เพียงระยะเวลาสั้น ๆ ระเหยได้ง่าย และมีกลิ่นเฉพาะ (Cassella S., Cassella John P. and Smith I., 2002) การใช้เทคโนโลยีของฟิล์มหรือสารเคลือบจะช่วยทำหน้าที่เป็นตัวกั้นการระเหยของน้ำมันหอมระเหย และเกิดการปลดปล่อยอย่างช้า ๆ ทำให้ช่วยควบคุมกลไกการทำงานหรือการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยได้ ซึ่งการเตรียมฟิล์มเคลือบมักเตรียมในรูปแบบของฟิล์มอิมัลชันร่วมกับสารไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มโปรตีน และ พอลิแซคคาไรด์ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีสมบัติไม่ละลายน้ำ ดังนั้นจะทำให้ฟิล์มเคลือบที่ได้มีสมบัติในด้านการต้านแรงดึงขาดของฟิล์ม ความโปร่งแสงหรือโปร่งใสและโครงสร้างฟิล์ม (Atares Lorena and Chiralt Amparo, 2016)

4. การหุ้มด้วยแคปซูลระดับนาโน (nanoencapsulation) ได้แก่ การเตรียมในรูปของนาโนอิมัลชัน (nanoemulsion) การห่อหุ้มด้วยไลโปโซม (liposome) หรือการเตรียมในรูปอนุภาพไขมันระดับนาโนเมตร (solid-lipid nanoemulsion) (Prakash Bhanu et al., 2018)

องค์ประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหย

กานพลู (clove, *Syzygium aromaticum* Merr) มีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 14-23 ของน้ำหนักแห้ง มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ สาร eugenol 60-95%eugenol acetate 2-27%, และ caryophyllene 5-10% (ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553)

กะเพรา (holy basil, *Ocimum sanctum* L.) มีน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.5-0.7 มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ apigenin, ocimol, phenols, chavibetol, linalool, และ organic acid (สรรพคุณสมุนไพร, 2554ก)

โหระพา (sweet basil, *Ocimum basilicum* L.) น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1.5 มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ methyl chavicol ประกอบด้วย ocimine, alpha-pinene, 1,8-cineole, eucalyptol, linalool, geraniol, limonene, eugenol, methyl chavicol, eugenol methyl ether, methyl cinnaminate และ 3-hexen-1-ol, estragol (สรรพคุณสมุนไพร, 2554ข)

ตะไคร้หอม (citronella, *Cymbopogon nardus* Rendle) น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1.5 มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ geraniol 57.6-61.1% และ citronella 7.7-14.2% (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545)

ยูคาลิปตัส (eucalyptus , *Eucalyptus camaldulensis*) ใบยูคาลิปตัสพบน้ำในหอมระเหย ร้อยละ 0.92–2.89 มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ เช่น aromadendrene, cineole, pinene, pinocarvon, pinocarevol, cuminaldehyde, 1– aely 1– 4 isopropylid– necyclopentene, quercitrinm quercetin rutin (สรรพคุณสมุนไพร, 2554ค)

สะระแหน่ (balm mint, *Metha cordifolia*) มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ menthol 50–80%, pluegone 42.9–45.4%, piperitone 38.0, menthone 15–32, p–menthone 19.5%, isomenthone 12.9%, menthyl acetate 3–10% (ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553)

อบเชย (cinnamon, *Cinnamomum* spp.) มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ cinnamal aldehyde ประมาณ 51–76%, eugenol 5–18%, benzaldehyde, phellandrene (ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553)

บรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ (packaging) หมายถึง งานเทคนิคที่ต้องอาศัยความชำนาญ ประสบการณ์ และความคิดสร้างสรรค์ ในอันที่จะออกแบบและผลิตหีบห่อให้มีความเหมาะสมกับสินค้าที่ผลิตขึ้นมาให้ความคุ้มครองสินค้าห่อหุ้มสินค้าตลอดจนประโยชน์ใช้สอย เช่น ความสะดวกสบายในการหอบหิ้ว พกพา เป็นต้น (สิปราง เจริญผล, 2556)

รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ (ดวงฤทัย ธำรงโชติ, 2550)

รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ตามจุดประสงค์ของการใช้งาน

1. รูปแบบของบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ได้ถูกออกแบบให้มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถบรรจุสินค้า ได้ในปริมาณมาก และสามารถป้องกันไม่ให้สินค้าเกิดความเสียหายในระหว่างการขนส่ง รูปแบบของ บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 3 รูปแบบคือ

1.1 กระสอบเพื่อการขนส่ง วัตถุดิบหลักที่ใช้ทำกระสอบเพื่อการขนส่ง ได้แก่ กระดาษ พลาสติก ปอหรือป่าน เป็นต้น กระสอบเพื่อการขนส่งนิยมใช้บรรจุสินค้าที่เป็นของแห้ง หรือมีลักษณะ เป็นผง เม็ดแห้ง เช่น แป้ง ชา เมล็ดกาแฟ นมผง อาหารสัตว์ ปุ๋ย ปูนซีเมนต์ และสารเคมีต่าง ๆ เป็นต้น

1.2 ถังเพื่อการขนส่ง เป็นบรรจุภัณฑ์รูปทรงกระบอกขนาดใหญ่ มีขนาดความจุตั้งแต่ 10–240 ลิตร มักใช้บรรจุสินค้าที่มีลักษณะเป็นของเหลว ของกึ่งเหลว เม็ดและผง เช่น สารเคมี น้ำมัน ปิโตรเลียม สีทาบ้าน สารเคลือบผิว อาหารที่มีลักษณะข้นเหลว ยา หรือน้ำยาทาความ

สะอาด เป็นต้น วัสดุหลักที่นิยมใช้ผลิตถังมี 3 ชนิดคือ โลหะ พลาสติก และกระดาษ

1.3 กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้เป็นสิ่งห่อหุ้มสินค้าเพื่อการขนส่งมากที่สุด สามารถใช้บรรจุสินค้าได้หลายชนิด ได้แก่ ผัก ผลไม้สด สินค้าอุปโภคบริโภค สินค้าหัตถกรรม เครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องจักรกลต่าง ๆ กล่องกระดาษลูกฟูกสามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ในการขนส่งทั้งทางรถยนต์ รถไฟ ทางเรือ และทางเครื่องบิน เพราะมีความแข็งแรงทนทาน น้ำหนักเบา สามารถพิมพ์ข้อความได้ง่ายและชัดเจน รวมถึงยังเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ง่าย ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

2. รูปแบบของบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ถูกออกแบบให้มีความสวยงาม สีสันสะดุดตา อำนวยความสะดวกในการหยิบจับ การนำไปใช้

2.1 หลอดบีบ รูปแบบของหลอดบีบพัฒนาขึ้นมาเพื่อบรรจุสินค้าที่มีความข้นหนืด เพื่อให้ใช้งานได้สะดวกและสามารถควบคุมปริมาณสินค้าที่ต้องการใช้ได้โดยการบีบตัวหลอด นอกจากนั้นฝาปิดจะช่วยปกป้องสินค้าที่บรรจุอยู่ภายใน และเพื่อการเก็บรักษาสินค้า เช่น ยาสีฟัน เครื่องสำอาง เคมีภัณฑ์ นมข้นหวาน และยารักษาโรคที่มีลักษณะเป็น ครีมข้น หลอดบีบมีหลายชนิด ได้แก่ หลอดอลูมินัม หลอดพลาสติก หรือหลอดลามิเนต (พลาสติกประกบกับอลูมินัม)

2.2 ถาดและถ้วย เป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถผลิตจากวัสดุต่าง ๆ เช่น แผ่นอลูมินัม (aluminum foil) กระดาษแข็ง (paperboard) พลาสติก (plastic) หรือเยื่อกระดาษขึ้นรูป (mold pulp) บรรจุภัณฑ์แบบถาดและถ้วยเป็นบรรจุภัณฑ์ที่อำนวยความสะดวกในการบริโภค ส่วนใหญ่ใช้บรรจุอาหารปรุงสำเร็จ

2.3 ขวดและขวดโหล เป็นบรรจุภัณฑ์ที่พบเห็นกันทั่วไป มักจะผลิตมาจากแก้ว แต่ปัจจุบันมีการนำพลาสติกมาใช้ทำขวดและขวดโหลแทนแก้ว แต่ขวดแก้วก็ยังนิยมใช้อยู่ เนื่องจาก ผิวสัมผัสของแก้วให้ความรู้สึกที่ดูแล้วมีคุณค่ามากกว่าพลาสติก

2.4 กระป๋อง มีทั้งที่ผลิตจากกระดาษ พลาสติก หรือการใช้วัสดุร่วมระหว่างกระดาษกับโลหะ

2.5 กล่องกระดาษ เป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกที่นิยมแพร่หลายที่สุด เพราะสามารถพิมพ์สีได้หลากหลายเพิ่มความสวยงาม และมีความแข็งแรง

2.6 ซองและถุง เป็นบรรจุภัณฑ์ที่พบเห็นกันโดยทั่วไป ตั้งแต่ซองหรือถุงพลาสติกที่ใช้ตามตลาดจนกระทั่งถึงซองหรือถุงที่พิมพ์สีอย่างสวยงาม และเคลือบหลายชั้นเพื่อป้องกันความชื้น

ถุงพลาสติก

ถุงพลาสติกมีหลายประเภทแบ่งตามลักษณะการใช้และคุณสมบัติของวัตถุดิบได้ดังต่อไปนี้

1. ถุงพลาสติกธรรมดาหรือถุงเย็น ทำด้วยเม็ดพลาสติก LDPE (low density polyethylene) เป็นถุงใสบรรจุของร้อนไม่ได้ มีลักษณะค่อนข้างใส นิ่ม ยืดหยุ่นได้ ป้องกันความชื้นผ่านเข้า ออกได้ แต่ไม่สามารถป้องกันอากาศผ่านเข้าออกได้ใช้บรรจุอาหารเช่น ผักสด ผลไม้ และ อาหารสด โดยแช่แข็งได้ถึง –70 องศาฟาเรนไฮต์

2. ถุงร้อน ทำจากเม็ดพลาสติก HDPE (high density polyethylene) มีลักษณะขุ่น ทำจากเม็ดพลาสติก PP (polypropylene) มีจุดหลอมเหลวในการผลิต สูงถึงประมาณ 230 องศาฟาเรนไฮต์ จึงสามารถบรรจุของร้อนได้ถึงจุดเดือดในขณะเดียวกันก็สามารถบรรจุของเย็นได้

3. ถุงพลาสติกชนิดมีหูหิ้ว ผลิตจากแผ่นโพลีเอธีลีน (polyethylene) หรือแผ่นพลาสติกเก่าที่ใช้แล้วนำมาหลอมละลายใหม่ เป็นถุงพลาสติกสำหรับบรรจุสิ่งของต่าง ๆ โดยทั่วไปทั้งเครื่องอุปโภคบริโภค ถุงชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับบรรจุอาหารร้อน ลักษณะแผ่นบางกว่าถุงธรรมดา มีสีสันสวยงาม

นอกจากถุงพลาสติกที่กล่าวมาแล้วข้างต้นยังมีการเปลี่ยนแปลงถุงพลาสติกที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารด้วยแผ่นพลาสติกต่างชนิดประกบกันซึ่งเรียกว่าลามิเนต ใช้สำหรับบรรจุอาหารเพื่อเก็บถนอมไว้ระยะนานโดยไม่ให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงดังรายละเอียดต่อไปนี้

– ถุงพลาสติกที่ต้มได้ ทำจากแผ่นประกบของแผ่นโพลีเอสเธอร์และแผ่นโพลีเอธีลีน (polyethylene)

– ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุอาหารแบบสุญญากาศทำจากแผ่นประกบของแผ่นไนล่อน (nylon6) และแผ่นโพลีเอธีลีน

– ถุงพลาสติกที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารแห้ง ทำจากแผ่นประกบของแผ่นอลูมิเนียม (aluminum) และแผ่นไวนีลอซิเตท (vinyl acetate)

– ถุงพลาสติกที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารที่ทำให้แห้งโดยวิธีเยือกแข็งแบบสุญญากาศ (freeze drying) ทำจากแผ่นไมลาร์ (milar) แผ่นอลูมิเนียม (aluminum) และแผ่นโพลีเอธีลีน (polyethylene)

– ถุงพลาสติกชนิดต้มในน้ำเดือดได้และทำให้เป็นสุญญากาศได้ทำจากแผ่นโพลีเอธีลีน (polyethylene) เคลือบด้วยซารานประกบแผ่นโพลีเอสเธอร์ ใช้ได้ดีกับอาหารที่ไม่ต้องการสัมผัส อากาศ และใช้ถุงนั้นอุ่นอาหารได้เลยโดยไม่ถ่ายใส่ภาชนะอื่นก่อน

– ถุงพลาสติกชนิดกันแสงสว่าง ความชื้นและก๊าซ ทำจากแผ่นโพลีเอธีลีน (polyethylene) ประกบกับแผ่นอลูมิเนียมบาง (aluminum) และแผ่นโพลีเอธีลีน (polyethylene) รวม เป็น 3 ชั้นเหมาะสำหรับใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูปของแห้ง หรืออาหารผง เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปกรณ์ แสนจิตต์, ชัชวาล มงคล, สุธี ประจงค์ศักดิ์ และ สายฝน เสกขุนทด, (2562) ได้ศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นและระยะเวลาของน้ำโอโซนในกระบวนการผลิตปลาข้างเหลืองตากแห้ง ต่อสมบัติทางจุลชีววิทยาระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา โดยศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติและปลาข้างเหลืองชำแหละสดที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนที่ความเข้มข้นของโอโซน 0.5 0.75 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เวลาแช่ 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 นาที โดยนำเนื้อ ปลาที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนมาตากแห้งที่อุณหภูมิ 35–40 องศาเซลเซียส นาน 3–4 ชั่วโมง หรือจนกว่ามีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ไม่เกิน 0.85 จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาในการแช่น้ำโอโซนมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้น้ำโอโซนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่ระยะเวลา 20 ทำให้คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองชำแหละสดดีที่สุด การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านน้ำโอโซนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการบรรจุ ในถุง Polyethylene (PE) ปรับสภาวะสุญญากาศเปรียบเทียบสภาวะการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิแช่เย็น (7±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็ง (–1 องศาเซลเซียส) พบว่าปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการแช่น้ำโอโซน ความเข้มข้น 1 มิลลิลิตตร ที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิแช่เย็น (7±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่แข็ง (–18 องศาเซลเซียส) และ บรรจุในสภาวะสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้นาน 45 วัน และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อการบริโภคในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สภาวะบรรจุ

สิริมา ชินสาร, วิชมณี ยินยงพุทธกาล และนิสานารถ กระแสร์ชล, (2561) ได้ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนพันธุ์ทอง ประเสริฐทอดระหว่างการเก็บรักษา โดยนำเนื้อขนุนที่หั่นเป็นเส้นมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที อบแห้งจนมีความชื้น 50% มาทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที อบแห้งเพื่อไล่น้ำมันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก และถุงพลาสติกใสโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และ

อุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อค่าความแตกเปราะ, ค่า a_w ค่าเปอร์ออกไซด์ และคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ขนุนทอด โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มของค่าความแตกเปราะ และค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าอุณหภูมิอื่น ๆ ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บที่ 40 องศาเซลเซียส มีค่า a_w สูงที่สุดตลอดการทดลอง ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตได้รับคะแนนความชอบ โดยรวมสูงสุดในระดับชอบปานกลางเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน

จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม และ สนอง อมฤกษ์, (2561) ได้ศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์ (ถุงพอลิโพรพิลีน ถุงสุญญากาศ และถุงอลูมิเนียมฟอยล์) และสภาวะการเก็บรักษา (อุณหภูมิห้อง 25–30 องศาเซลเซียส และ 4–8 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง พบว่า เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่มีค่าสี L*, a*, b* ลดลง (สีเข้มขึ้น) โดยเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ มีค่าสี L* (ความสว่าง) มากกว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีน และถุงสุญญากาศ ($p<0.05$) สำหรับเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4–8 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 เดือน มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าสี a* และ b* ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ($p>0.05$) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บที่อุณหภูมิห้องและ 4–8 องศาเซลเซียส ตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มกษ. 8–2549 เนื้อลำไยสดอบแห้ง) ส่วนด้านการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า เนื้อลิ้นจี่อบแห้งมีคะแนนลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยเนื้อลิ้นจี่อบแห้งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีคะแนนการยอมรับมากกว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ฐิตารีย์ ชุติพงษ์วิเวท กนกวรรณ ธุปพนม และ ศรันยา เพ่งผล, (2559) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการควบคุมการเกิดเชื้อจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวันหลังการล้างด้วยน้ำโอโซนและน้ำเย็นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 8±1 องศาเซลเซียส โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ซึ่งประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 การล้างด้วยน้ำประปา กรรมวิธีที่ 2 การล้างด้วยน้ำประปาและน้ำเย็น กรรมวิธีที่ 3 การล้างด้วยน้ำโอโซน (ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) และกรรมวิธีที่ 4 การล้างด้วยน้ำโอโซนเย็น (ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่า การล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วยน้ำโอโซนและน้ำโอโซน

เย็น สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการ ล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วยน้ำประปา และการล้างด้วยน้ำประปาร่วมกับน้ำเย็น โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ที่ใบ และค่าเนื้อสัมผัส ตลอดอายุการเก็บรักษาทั้งอุณหภูมิห้องและ อุณหภูมิ 8±1 องศาเซลเซียส

เทิดพันธ์ ธรรมรัตนพงษ์ และ คณะ, (2559) ได้ศึกษาโรคเปื้อนดำของกระเทียมที่นำเข้าจากสาธารณรัฐประชาชนจีน ณ ด่านตรวจพืชเชียงแสนระหว่างเดือนมกราคม–สิงหาคม ปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างกระเทียมที่นำเข้า ทั้งหมด 187 ตัวอย่างตรวจพบกระเทียมที่แสดง อาการโรคเปื้อนดำ 15 ตัวอย่าง เมื่อจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคเปื้อนดำโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบเชื้อราสาเหตุคือ *Embellisia allii* เพื่อยืนยันความถูกต้องจึงได้ทำการจำแนกลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อราทั้ง 15 ตัวอย่างโดยใช้เทคนิค PCR และทำการแยกด้วย gel electrophoresis พบว่าเชื้อราทั้ง 15 ตัวอย่าง มีลำดับเบส DNA ขนาด 315 คู่เบสเมื่อนำไป เทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank ปรากฏว่าเชื้อราที่แยกได้ของกระเทียมมีลำดับเบสตรงกับเชื้อรา *E. allii* 100%และการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคเปื้อนดำโดยการแช่สปอร์ของเชื้อรา *E. allii* ใน น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 1 กรัม/ชั่วโมง เป็นเวลา 30, 45 และ 60 นาที หลังบ่มเชื้อไว้ 24 ชั่วโมง พบการงอกของสปอร์เชื้อรา *E. allii* เท่ากับ 0.75, 0 และ 0%ตามลำดับ ขณะที่การแช่หัวกระเทียมลงในน้ำโอโซนเป็นเวลา 30, 45 และ 60 นาที พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดโรคเปื้อนดำได้ถึง 100%

สมสุดา วรพันธ์ และคณะ, (2559) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา โดยทำการแยกเชื้อราจากผลิตภัณฑ์ผักตบชวาที่เกิดเชื้อรา พบว่า มีเชื้อราสองชนิด คือ *Aspergillus tubingenesis* และ *Penicillium steckii* จากนั้นทำการทดสอบต่อการยับยั้งการเกิดเชื้อราในห้องปฏิบัติการโดยวิธีรมด้วยไอระเหยของน้ำมันหอมระเหย กานพลู อบเชย และสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตร พบว่า น้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น แต่น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตร ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้งสองชนิดได้ 100%

สมสุดา วรพันธ์ และคณะ, (2558) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus tubingenesis* และ *Penicillium steckii* ในระดับห้องปฏิบัติการโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยโดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่

กะเพรา โหระพา ยูคาลิปตัส และตะไคร้หอม ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตร ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้แตกต่างกัน โดยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมเชื้อรา *A. tubingenesis* และ *P. steckii* ได้ 100% ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 10 ไมโครลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากโหระพา โดยที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tubingenesis* และ *P. steckii* ได้ 100%

ดุสิตา ถิระวัฒน์, นาถตยา ชื่นเจริญ และปวีณา สุนทราการ, (2557) ได้ศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผักชีโดยนำผักชีมาล้างในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 0,1, 5, 10 และ 15 นาที ผลการทดลองพบว่าการล้างผักชีในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที ไม่ส่งผล กระทบต่อคุณภาพสี และสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผักชีได้ดีที่สุด ดังนั้นสภาวะการล้างดังกล่าวจึงได้นำไปใช้ศึกษาในขั้นตอนการยืดอายุการเก็บรักษา โดยนำผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างด้วยน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที แลวบรรจุในถุง LDPE นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 3 วันแรก คุณภาพสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ และการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มีการ เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าคุณภาพสีของผักชีและปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์แตกต่างกันย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบวาผักชีที่ผ่านสภาวะการล้าง ดังกล่าวมีคุณภาพที่ดีกว่า นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรียในผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างดังกล่าวมีน้อยกว่าในชุดควบคุม 1 log cfu/g แต่สภาวะการล้างดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มในระหว่างการเก็บรักษาได้ และตลอดระยะเวลา การเก็บรักษาผักชีที่ผ่านการล้างด้วยสภาวะดังกล่าวยังได้คะแนนความยอมรับสูงกว่าผักชีที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (ชุดควบคุม)

รุ่งอรุณ กันธะปา และคณะ, (2554) ได้ศึกษาผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยกานพลู โหระพา และสะระแหน ต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*, *A. niger* และ *Rhizopus* sp. โดยใช้เทคนิคการทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีความเป็นพิษ ซึ่งการเจริญของเชื้อราหลังจากบ่มเชื้อไว้ 7 วัน บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่เติมน้ำมันหอมระเหยในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 500, 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลูทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทดสอบทั้งหมดได้อย่างสมบูรณ์ ขณะที่น้ำมันหอมระเหยโหระพาและสะระแหน่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทดสอบทั้งหมดได้

เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ ที่ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งเชื้อรา *A. niger* ได้ 100% การทดลองนี้สรุปได้วาน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ได้ดีที่สุด

เพ็ญแข จิรอัสดร และคณะ, (2550) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำโอโซน (ความเข้มข้น 0.4, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที) ในการล้างพริกขี้หนูสดต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มบนผิวพริกสด พบว่า สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้น เมื่อเวลาในการล้างนานขึ้นปริมาณเชื้อมักจะลดลงไม่มากนักหรือคงที่เมื่อเวลาในการล้างนานกว่า 10 นาที น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 10 นาที สามารถลดเชื้อจุลินทรียทั้งหมดยีสต์ รา และโคลิฟอร์มได้ 2.61, 2.07 และ 2.59 log cfu/g ตามลำดับโดยไม่มีผลต่อค่า water activity (a_w) ความชื้นและค่าสี (L*, a* และ b*)

ฉันทวรรณ ต้นประสงค์ และ สุรางค์ สุธิราวุธ, (2550) ได้ศึกษาการลดปริมาณแบคทีเรียในผักสลัดด้วยการตรวจหาปริมาณแบคทีเรีย ทั้งหมดโดยวิธี standard plate count โดยเปรียบเทียบผักสลัดที่ไม่ผ่านการล้าง ล้างด้วยน้ำประปา ล้างด้วยน้ำโอโซน 180 mg/h และแชในน้ำโอโซน 100 mg/h เป็นเวลา 20 นาที ตรวจปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้น และภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 24 และ 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส พบว่า ผักสลัดที่ล้างด้วยน้ำโอโซน 180 mg/h สามารถลดปริมาณแบคทีเรียจากผักสลัดที่ไม่ผ่านการล้าง 5.90 $\log_{10}$ cfu/g เป็น 5.02 $\log_{10}$ cfu/g ซึ่งการล้างด้วยน้ำประปา และแชในน้ำโอโซน 100 mg/h สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้เหลือ 5.65 และ 5.49 $\log_{10}$ cfu/g ตามลำดับ เมื่อเก็บผักสลัดเป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามเวลา ปริมาณแบคทีเรียที่ตรวจพบในผักสลัดที่ล้างด้วยน้ำโอโซน 180 mg/h ยังคงมีปริมาณแบคทีเรียต่ำกว่าการล้างโดยวิธีอื่น ๆ ไม่ว่าจะตรวจหลังจากการล้างแลวเก็บเป็นเวลานาน 24 หรือ 72 ชั่วโมงก็ตาม

Zorlugenc Bulent et al., (2008) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนและน้ำโอโซนต่อเชื้อจุลินทรีย์และสารพิษอะฟลาทอกซินในมะเดื่อแห้ง หลังจากที่มะเดื่อแห้งสัมผัสกับก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 13.8 mgL^{-1} และน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 1.7 mgL^{-1} เป็นเวลา 7.5, 15 และ 30 นาที พบว่าการใช้น้ำโอโซนเป็นเวลา 7.5 และ 15 นาที สามารถทำลายแบคทีเรียแกรมลบเชื้อ *E. coli* และยีสต์ได้อย่างสมบูรณ์ การประยุกต์ใช้ก๊าซโอโซนและน้ำโอโซนเป็นระยะเวลา 15 นาที สามารถทำลายเชื้อราได้ทั้งหมด เชื้อราสาเหตุที่แยกได้จากมะเดื่อแห้ง คือ *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุของการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซิน บี1 การใช้ก๊าซโอโซนและน้ำโอโซนเป็นเวลา 30, 60 และ 180 นาที ตามลำดับ พบว่า การสลายตัว

ของสารอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นเนื่องจากเวลาการใช้โอโซนที่เพิ่มขึ้น และการใช้ก๊าซโอโซนมีประสิทธิภาพในการลดสารอะฟลาทอกซินมากกว่าน้ำโอโซน ในขณะที่การใช้น้ำโอโซนมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์

Matan Narumol et al., (2009) ได้ศึกษาการรมน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่และยูคาลิปตัส ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. และ *P. chysogenum* ที่แยกได้จากต้นยางพารา น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ความเข้มข้น 300 มิลลิลิตร และ สารเมนทอลความเข้มข้น 350 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้ ส่วนน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสและสารยูคาลิปตัสต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า คือ 600 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ถึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้

Ziedan El Sayed Hussein and Farrag Eman S., (2008) ได้ศึกษาการรมลูกท้อด้วยน้ำมันหอมระเหยโหระพา และสะระแหน่ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครลิตร ต่อ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizopus* sp., *Monilinia fructicola* และ *Aspergillus niger* ได้ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของ น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่พบว่ามี menthone เป็นสารประกอบหลัก 47.9% รองลงมาคือ menthol 18.2% สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ส่วนน้ำมันหอมระเหยโหระพามี estragol (methyl chavicol) และ linalool เป็นสารประกอบหลักโดยมี 20.5 และ 16.1% ตาม ลำดับ ส่วนยูจีนอลมีเพียง 3.9% และมี methyl eugenol 8.0%

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย แบ่งเป็น 6 การทดลอง โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

ภาพ 3 แผนภาพขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง

การข้อมูลโดยการสัมภาษณ์จากผู้เก็บรวบรวมดอกงิ้ว และผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้งในเขตจังหวัดภาคเหนือตอนบน เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แพร่ น่าน ลำปาง และพะเยา โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ค) เรื่องการจัดการและปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวของดอกงิ้วแห้ง จำนวน 20 ราย โดยแบ่งเป็นเกษตรกรผู้เก็บรวบรวมดอกงิ้วแห้ง จำนวน 10 ราย และผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง จำนวน 10 ราย

การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้ง

รวบรวมดอกงิ้วแห้งจาก 6 จังหวัด ในเขตภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่ จำนวน 30 ตัวอย่าง โดยนำดอกงิ้วแห้งแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนหัว กลาง ท้าย ที่ยังไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อบนผิวโดยนำไปวางเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA จากนั้น แยกเชื้อสาเหตุให้ได้เชื้อบริสุทธิ์และคำนวณหา %colonization โดยการหาร้อยละจากจำนวนของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้งในแต่ละแหล่ง แล้วนำไปศึกษาลักษณะสัณฐานของเชื้อราสาเหตุภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) และบ่งบอกชนิด โดยใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยาของราที่แยกได้ โดยการใช้ชุดสกัดสำเร็จรูป DNA Extraction Mini Kit FavorPrep TM (Favorgen, Taiwan) จากนั้นทำการหาจำนวนคู่เบสด้วยเทคนิค ITS–PCR นำ DNA ของเชื้อราไปทำปฏิกิริยา PCR (Polymerase chain reaction) ร่วม กับ universal primer ITS 1 (5’TCCGTAGGTGAACCTGCGG–3’) กับ reversal primer ITS4 (5’TCCTCCGCTTATTGATATGC–3’) ตามวิธีการของ (White Thomas J. et al., 1990) ปฏิกิริยา PCR จะเพิ่ม ปริมาณ DNA บริเวณ ITS1–5.8S–ITS2 rRNA นำผลจาก ปฏิกิริยา PCR (PCR product) ที่ได้มาตรวจสอบด้วย gel electrophoresis บน 1% agarose gel ใน 0.5X TBE buffer แล้วนำมาย้อมสีด้วยเอธิเดียมโบรไมด์ (ethidium bromide) จากนั้นส่อง ดูแถบของ DNA ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตด้วยเครื่อง Transluminator (Bio–rad, USA) การหาลำดับเบสของ DNA นำ PCR product ไปทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ชุด สำเร็จรูป TaKaRa SUPRECTM–PCR (Takara, Japan) แล้วส่งไป ให้บริษัท First Base Laboratories ประเทศมาเลเซียเพื่อ ดำเนินการ หาลำดับเบสของ DNA บริเวณ ITS1–5.8S–ITS2 rRNA การหาสายพันธุ์ของเชื้อรา นำลำดับเบสที่ได้จาก บริษัทไปเทียบความคล้าย กับฐานข้อมูลใน GenBank และทำการเก็บรักษาเชื้อราไว้เพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป โดยการทดลองนี้ได้รับความอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการงานวิจัยด้านการพัฒนาแบบยั่งยืนของทรัพยากรชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

การทดลอง 3.1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 น้ำโอโซน 100 mg/h

กรรมวิธีที่ 3 น้ำโอโซน 150 mg/h

กรรมวิธีที่ 4 น้ำโอโซน 200 mg/h

โดยดัดแปลงวิธีการจาก สุมีชัย กิ่งสวรรค์ และกานดา หวังชัย, (2558); Li Boqiang et al., (2010) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* มาเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นปิเปตน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงบนเชื้อราที่เจริญบนอาหาร ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมขูดสปอร์ของเชื้อราให้หลุด กรองเส้นใยสปอร์ออกด้วยผ้าขาวบางฆ่าเชื้อเพื่อใช้ส่วนของสปอร์มาปรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^{8} สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตรวจนับด้วย Haemacytometer

2. ปิเปตน้ำโอโซนความเข้มข้น 100, 150, และ 200 mg/h ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลทเพาะเลี้ยงเซลล์ 96 หลุม

3. ปิเปตสปอร์แขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ของเชื้อราปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท เพาะเลี้ยงเซลล์ 96 หลุม ที่ผ่านการฆ่าเชื้อผสมให้เข้ากัน และมีสารแขวนลอยสปอร์ที่ใส่น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม

4. นำมาวางในกล่องพลาสติก บ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อแบบเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (shaker Incubator) ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส

5. ทำการตรวจนับจำนวนสปอร์ที่งอกและความยาวของ germ tube ทุก 3 ชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

5.1 คำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ (% spore germination) จากสูตร

(%) SG (spore germination) = A/B × 100

%SG = เปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์

A = จำนวนสปอร์ที่งอก

B = จำนวนสปอร์ที่ตรวจนับทั้งหมด

5.2 การวัดความยาวของ germ tube

โดยทำการวัดจากฐานของ germ tube หรือ ตั้งแต่บริเวณใกล้ส่วน urediniospore ถึงส่วนปลายของ germ tube ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) กำลังขยาย 40X

การทดลองที่ 3.2 ศึกษาประสิทธิภาพการล้างด้วยน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD)โดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำโอโซน 200 mg/h จากการทดลองที่ 3.1 มาทดลองกับดอกงิ้วแห้งร่วมกับการปลูกถ่ายเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* โดยกรรมวิธีแสดงในตาราง 1 โดยมีทั้งหมด 8 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำใช้ดอกงิ้วแห้ง 20 กรัม

ตาราง 1 แสดงกรรมวิธีการศึกษาประสิทธิภาพการล้างด้วยน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง

กรรมวิธีที่	ชนิดของเชื้อรา		ล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/h	ลวกด้วยน้ำร้อน 95 °C	แช่น้ำเย็น 5 °C
	A. flavus	*P. citrinum*			
1	✓				
2	✓			✓	
3	✓			✓	✓
4	✓		✓	✓	✓
5		✓			
6		✓		✓	
7		✓		✓	✓
8		✓	✓	✓	✓

โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกดอกงิ้วแห้งที่มีคุณภาพ สี ขนาด ความยาวใกล้เคียงกัน และสม่ำเสมอกันมากที่สุด จากนั้นนำสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ผสมสาร Tween 20 ความเข้มข้น 2% ปริมาตร 10 มิลลิตร มาฉีดพ่นให้ทั่วดอกงิ้วแห้ง นำดอกงิ้วแห้งวางในเครื่อง Fume hood เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

2 .นำดอกงิ้วแห้งมาล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/h เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำมาลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ร่วมกับแช่น้ำเย็น 5±2 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้เครื่องสะเด็ดน้ำดอกงิ้วแห้ง เป็นเวลา 30 วินาที นำไปอบด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที

3. นำดอกงิ้วแห้งมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาตรวจสอบจำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมดด้วยเทคนิค spread plate ตามวิธีการของ Maturin Larry Maturin and Peeler James T., (2001) โดยทำชั่งดอกงิ้วแห้งที่ปั่นละเอียด 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 1:10 หรือ 10^{-1} ปิเปต ดูดสารแขวนลอยจากหลอดหนึ่งสู่หลอดหนึ่งปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixture จนถึงที่ระดับ 10^{-5} จากนั้นดูดสารแขวนลอยตัวอย่าง (suspension) ที่ความเข้มข้น 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนอาหารเลี้ยง Potato dextrose agar (PDA) ทำการ spread plate แล้วคล่ำจาน นำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้อ (incubator) อุณหภูมิ 30 องศาสเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน นับโคโลนีบนจานที่มีจำนวนอยู่ในช่วง 30–300 โคโลนี คำนวณในรูปของ CFU ต่อกรัมของตัวอย่าง โดยใช้สูตร

สูตร $cfu/g = \sum C / (V1n1+0.1n2)\, d$

$\sum C$= ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี

v1 = ปริมาณของ inoculum ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

n1= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n2= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d= ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 30–300 โคโลนี

การทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิดต่าง ๆ 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

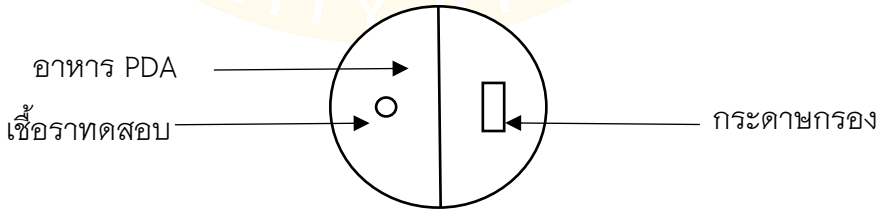
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของการรมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อรา

น้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด จากบริษัท Botanicessnce ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยกานพลู น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส น้ำมันหอมระเหยอบเชย น้ำมันหอมระเหยกะเพรา น้ำมันหอมระเหยโหระพา และน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ ไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของน้ำมันหอมระเหย โดยเทอาหาร PDA ลงใน parte petri dish ด้านใดด้านหนึ่ง จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะบริเวณผิวนอกเส้นใยโคโลนีของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* แล้วนำไปวางลงบนอาหาร PDAจากนั้นหยดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด คือ น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู กะเพรา อบเชย ยูคาลิปตัส โหระพา สะระแหน่ และตะไคร้หอม ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตร/จานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ลงบนกระดาษกรองเบอร์ 1 ในแต่ละจานทดลอง (ภาพ 4) นำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้อ (incubator) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 สำหรับเชื้อรา *A. flavus* และ 14 วัน สำหรับเชื้อรา *P. citrinum* ทำการบันทึกผลการทดลอง โดยวัดการเจริญเติบโตของเชื้อราแบบเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (colony's diameter) โดยคำนวณได้จาก

สูตร $$\% \text{ Inhibition} = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

เมื่อ R1 = ความยาวรัศมีโคโลนีของเชื้อราในชุดควบคุม

R2 = ความยาวรัศมีโคโลนีของเชื้อราในชุดทดลอง



ภาพ 4 การทดสอบน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

4.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการรมน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ปลูกถ่ายเชื้อบนดอกงิ้วแห้ง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ปลูกถ่ายเชื้อบนดอกงิ้วแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ ในการทดลองที่ 4.1 พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ได้ผลที่ดีที่สุดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* จึงทำการเพิ่มระดับความเข้มข้นขึ้นเป็น 2 เท่า จากระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง เป็นความเข้มข้น 20 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ทำการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ (3x8 factor experiment in completely randomized design) โดยมีปัจจัยการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 เชื้อรา 2 ชนิด ได้แก่ *A. flavus* และ *P. citrinum*

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม โดยแบ่งออกเป็น 8 ช่วงเวลา ได้แก่ 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 ชั่วโมง

โดยมีกรรมวิธีทั้งหมด 16 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำใช้ดอกงิ้วแห้ง 20 กรัม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกดอกงิ้วแห้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันและมีความสม่ำเสมอ ทั้งความกว้าง ความยาว สี ขนาดใกล้เคียงกัน นำสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ความเข้มข้น $1.0x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมสาร Tween 20 ความเข้มข้น 2% มาฉีดพ่นให้ทั่วดอกงิ้วแห้ง จากนั้นนำดอกงิ้วแห้งวางในเครื่อง fume hood เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

2. นำดอกงิ้วแห้งที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อมาทำการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร ในกล่องพลาสติกขนาด 16,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% โดยทำการรมตามระยะเวลาที่กำหนด

3. นำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ทำการประเมินคุณภาพของดอกงิ้วแห้งด้วยการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมดด้วยเทคนิค spread plate โดยใช้สูตร

$$Cfu/g = \sum C / (V1n1+0.1n2)\ d$$

$\sum C$= ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี

v1 = ปริมาณของ inoculum ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

n1= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n2= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d= ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 30–300 โคโลนี

การทดลองที่ 5 ศึกษาการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีกรรมวิธีแสดงในตารางที่ 2 มีทั้งหมด 8 กรรมวิธี ๆ 3 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำใช้ดอกงิ้วแห้ง 20 กรัม

ตาราง 2 แสดงกรรมวิธีการศึกษาการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธีที่	ชนิดของเชื้อรา		ล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/h	ลวกด้วยน้ำร้อน 95 °C	แช่น้ำเย็น 5 °C	รมด้วยน้ำมันหอมระเหยฯ 96 h
	A. flavus	*P. citrinum*				
1	✓					
2	✓		✓	✓	✓	
3	✓					✓
4	✓		✓	✓	✓	✓
5		✓				
6		✓	✓	✓	✓	
7		✓				✓
8		✓	✓	✓	✓	✓

โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมสาร Tween 20 ความเข้มข้น 2% มาฉีดพ่นให้ทั่วดอกงิ้วแห้ง จากนั้นนำดอกงิ้วแห้งวางในเครื่อง fume hood เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.นำดอกงิ้วแห้งมาล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/h ร่วมกับ การรมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับ 20 ไมโครลิตร ระยะเวลา 96 ชั่วโมง

3. นำดอกงิ้วแห้งมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของดอกงิ้วแห้ง โดยมีรายละเอียดของการประเมินดังต่อไปนี้

3.1 ค่าสี L* a* b*ของดอกงิ้วแห้งโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Quest XE และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (total color difference) ΔE ตามวิธีการของ Araujo Ana C. et al., (2016) โดยใช้สูตร

สูตร $\Delta E = \sqrt{(L^*-L_0^*)^2+(a^*-a_0^*)^2+(b^*-b_0^*)^2}$

3.2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) วัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของดอกงิ้วแห้งโดยใช้ Aqua Lab

3.3 จำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมดด้วยเทคนิค spread plate ตามวิธีการของ Maturin Larry Maturin and Peeler James T., (2001) โดยใช้สูตร

$$(cfu/g) = \sum C / (V1n1+0.1n2)\, d$$

$\sum C$= ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี

v1 = ปริมาณของ inoculum ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

n1= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n2= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30–300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d= ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 30–300 โคโลนี

การทดลองที่ 6 ทดสอบประสิทธิภาพของการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของดอกงิ้วแห้งในระดับโรงงาน

ทำการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ (2x4 factor experiment in completely randomized design) โดยมีปัจจัยการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 การล้างดอกงิ้วแห้ง ได้แก่ ชุดควบคุม (ไม่ล้าง) และ ล้างน้ำโอโซน 200 mg/h

ปัจจัยที่ 2 ชนิดถุงบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ มีทั้งหมด 8 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำใช้ดอกงิ้วแห้ง 15 กรัม

กรรมวิธีที่ 1 = ชุดควบคุม (ไม่ทำการล้าง) บรรจุถุงพลาสติกใส

กรรมวิธีที่ 2 = ชุดควบคุม (ไม่ทำการล้าง) บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส

กรรมวิธีที่ 3 = ชุดควบคุม (ไม่ทำการล้าง) บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน

กรรมวิธีที่ 4 = ชุดควบคุม (ไม่ทำการล้าง) บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ

กรรมวิธีที่ 5 = ล้างน้ำโอโซน บรรจุถุงพลาสติกใส

กรรมวิธีที่ 6 = ล้างน้ำโอโซน บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส

กรรมวิธีที่ 7 = ล้างน้ำโอโซน บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน

กรรมวิธีที่ 8 = ล้างน้ำโอโซน บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ

โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกดอกงิ้วแห้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันและมีความสม่ำเสมอ ทั้งความกว้าง ความยาว สี ขนาดใกล้เคียงกัน

2. นำดอกงิ้วแห้งมาล้างน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h เป็นระยะเวลา 1 นาที และทำการลวกดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และแช่ด้วยน้ำเย็น 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นใช้เครื่องสะเด็ดน้ำดอกงิ้วแห้ง เป็นเวลา 30 วินาที

3. นำดอกงิ้วแห้งไปอบด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที

4. นำดอกงิ้วแห้งมาบรรจุลงในถุงทั้ง 4 ชนิด ขนาด 12 เซนติเมตร x 20 เซนติเมตร ความหนา 180 ไมครอน แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 46,530 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% ระยะเวลา 120 วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของดอกงิ้วแห้งทุก ๆ 15 วัน โดยมีรายละเอียดของการประเมินดังต่อไปนี้

4.1 ค่าสี L* a* b*ของดอกงิ้วแห้งโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Quest XE และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (total color difference) ΔE ตามวิธีการของ Araujo Ana C., (2016) โดยใช้สูตร

สูตร $\Delta E = \sqrt{(L^*-L_0^*)^2+(a^*-a_0^*)^2+(b^*-b_0^*)^2}$

4.2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) วัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของดอกงิ้วแห้งโดยใช้ Aqua Lab

4.3 จำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมดด้วยเทคนิค spread plate ตามวิธีการของ Maturin Larry Maturin and Peeler James T., (2001) โดยใช้สูตร

$$(cfu/g) = \sum C / (V1n1+0.1n2)\, d$$

$\sum C$= ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30-300 โคโลนี

v1 = ปริมาณของ inoculum ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

n1= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30-300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n2= จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30-300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d= ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 30-300 โคโลนี

4.4 อัตราการดูดน้ำกลับ ตามวิธีการของ Prakash Sangeeta et al., (2004)

4.5 สารพิษตกค้างอะฟลาทอกซิน โดยใช้ชุดทดสอบ®

ถุงพลาสติกใส	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ

ภาพ 5 ลักษณะของบรรจุภัณฑ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ (Factor experiment in completely randomized design) โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ด้วยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สถานที่ทำการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

2. ห้องปฏิบัติการงานวิจัยด้านการพัฒนาแบบยั่งยืนของทรัพยากรชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้น้ำโอโซนและน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicilium citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง

1.1 รวบรวมข้อมูลจากผู้เก็บดอกงิ้วแห้งโดยทำการสัมภาษณ์จำนวน 10 ราย เกี่ยวกับวิธีการเก็บและรวบรวมดอกงิ้วในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่ จากการสัมภาษณ์พบว่า กลุ่มผู้เก็บดอกงิ้วแห้งส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง รองลงมาเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 70 และ 30 ตามลำดับ มีช่วงอายุมากกว่า 50 ปี โดยมีอายุ 56–65 ปี มากที่สุด รองลงมาคือ มีอายุ 45–55 ปี คิดเป็นร้อยละ 60 และ 40 ตามลำดับ ในส่วนของระดับการศึกษาส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับประถมศึกษา โดยคิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 40 และ 10 ตามลำดับ ในการประกอบอาชีพส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร/ประมง โดยคิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาประกอบอาชีพรับจ้าง/ลูกจ้าง และประกอบอาชีพค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว โดยคิดเป็นร้อยละ 30 และ 20 ตามลำดับ (ตาราง 3)

การเก็บเกี่ยวและขั้นตอนการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง สถานที่เก็บและรวบรวมดอกงิ้ว ได้แก่ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จำนวน 2 ราย, อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา จำนวน 2 ราย, อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ จำนวน 1 ราย, อำเภอภูเพียงและอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน จำนวน 2 ราย, อำเภอแม่เมาะและอำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง 2 ราย และอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 ราย จากการสัมภาษณ์พบว่าส่วนใหญ่จะเริ่มเก็บดอกงิ้วที่ร่วงหล่นในเวลา 7.00–8.30 น. คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาจะเป็นช่วงเวลา 06.30–07.30 น. คิดเป็นร้อยละ 20 จะเก็บดอกงิ้วที่ร่วงหล่นใต้ต้นทุกดอกใส่ในถุงพลาสติกและนำไปคัดเลือกดอกงิ้วที่สด สีสวยงาม แยกกับดอกงิ้วที่เหี่ยวและแห้ง จากนั้นทำการดึงเอากลีบดอกและเกสรตัวเมียออก นำไปวางบนกระด้งที่สานจากไม้ โดยเกษตรกรจะฉีกก้านเกสรตัวผู้ให้เป็นสองส่วนและไม่ฉีกก้านเกสรตัวผู้ คิดเป็นร้อยละ 50 เท่ากัน จากนั้นนำไปตากแดดโดยจะใช้เวลา 3–5 วัน โดยการฉีกก้านเกสรตัวผู้จะใช้ระยะเวลาในการตาก 3–4 วัน และไม่ฉีกก้านเกสรตัวผู้จะใช้ระยะเวลาในการตาก 4–5 วัน คิดเป็นร้อยละ 50 เท่ากัน โดยมีวิธีการสังเกตว่าดอกงิ้วแห้ง คือ

ดอกงิ้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม จับแล้วแห้งกรอบ จากนั้นนำดอกงิ้วที่แห้งบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสเพื่อนำไปจำหน่าย ในด้านการจำหน่ายดอกงิ้วแห้งนั้นจะมีการขายปลีก ขายส่ง และเก็บไว้บริโภคเอง โดยส่วนใหญ่เกษตรกรผู้เก็บดอกงิ้วจะขายส่งให้กับแม่ค้าในท้องถิ่นที่รับซื้อดอกงิ้วแห้งเจ้าประจำในทุกปี คิดเป็นร้อยละ60 รองลงมาจะนำไปขายปลีกและเก็บไว้บริโภคเอง ร้อยละ 20 เท่ากัน ทำการขายในราคา 200–300 บาทต่อกิโลกรัม โดยร้อยละ 40 จำหน่ายในกิโลกรัมละ 200 บาท รองลงมาจำหน่ายในราคา 250 และ 300 บาท คิดเป็นร้อยละ20 เท่ากัน รวมรายได้จากการขายดอกงิ้วแห้งได้จำนวน 500–2,000 บาท โดยร้อยละ 50 มีรายได้จากการขายดอกงิ้วแห้งจำนวน 1,100–1,500 บาท รองลงมามีรายได้จากการขายดอกงิ้วแห้งจำนวน 500–1,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 20 และในความต้องการของเกษตรกรที่เก็บและรวบรวมดอกงิ้วแห้งคือ อยากทราบถึงแนวทางในการรักษาคุณภาพสีของดอกงิ้วแห้งให้มีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อทำการตากแห้ง หากมีสีน้ำตาลเข้มหรือมีสีคล้ำมากเกินไปจะทำให้ดอกงิ้วแห้งมีลักษณะเหมือนดอกงิ้วแห้งที่เก่าเก็บไว้นานทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (ตาราง 4–5)

ตาราง 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามของผู้เก็บและรวบรวมดอกงิ้ว

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (n=10)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	3	30.00
หญิง	7	70.00
อายุ		
45-55 ปี	4	40.00
56-65 ปี	6	60.00
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้รับการศึกษา	0	00.00
ประถมศึกษา	5	50.00
มัธยมศึกษาตอนต้น	1	10.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย	4	40.00
อาชีพ		
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	0	00.00
รับจ้าง/ลูกจ้าง	3	30.00
ค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว	2	20.00
เกษตรกร/ประมง	5	50.00
อื่น ๆ	0	00.00

ตาราง 4 แสดงข้อมูล สถานที่ และระยะเวลาในการเก็บและรวบรวมดอกงิ้วแห้ง

ข้อมูลการเก็บและรวบรวมดอกงิ้วแห้ง		จำนวน (n=10)	ร้อยละ
สถานที่เก็บ อำเภอ และจังหวัด			
อ. พาน	จ. เชียงราย	2	20.00
อ. ดอกคำใต้	จ. พะเยา	2	40.00
อ. เมือง	จ. แพร่	1	10.00
อ. ภูเพียง	จ. น่าน	1	10.00
อ. ท่าวังผา	จ. น่าน	1	10.00
อ. แม่เมาะ	จ. ลำปาง	1	10.00
อ. แจ้ห่ม	จ. ลำปาง	1	10.00
อ. หางดง	จ. เชียงใหม่	1	10.00
ช่วงเวลาในการเก็บดอกงิ้ว			
06.30 – 7.30 น.		2	20.00
07.00 – 8.30 น.		6	60.00
08.00 – 9.00 น.		1	10.00
16.30 – 17.00 น.		1	10.00

ตาราง 5 แสดงข้อมูลการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้งของผู้เก็บดอกงิ้วแห้ง

ข้อมูลการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว	จำนวน (n=10)	ร้อยละ
การคัดเลือกดอกงิ้ว		
ไม่คัดเลือก	0	00.00
คัดเลือก	10	100.00
การดึงเอากลีบดอก เกสรตัวผู้		
ทำการดึงเอาเกสรตัวผู้ และตัวเมียออก	10	100.00
การฉีกเกสรตัวเมีย		
ไม่ฉีกเกสรตัวเมีย	5	50.00
ฉีกเกสรตัวเมีย	5	50.00
ระยะเวลาในการตากแห้ง		
3 วัน (แบบฉีกเกสรตัวเมีย)	2	20.00
4 วัน (แบบฉีกเกสรตัวเมีย)	3	30.00
4 วัน (แบบไม่ฉีกเกสรตัวเมีย)	3	30.00
5 วัน (แบบไม่ฉีกเกสรตัวเมีย)	2	20.00
การบรรจุหีบห่อ		
ถุงพลาสติกใส	10	100.00
การจำหน่าย		
เก็บไว้บริโภคเอง	2	20.00
ขายปลีก	2	20.00
ขายส่ง	6	60.00
ราคาการจำหน่าย/กิโลกรัม		
ไม่จำหน่าย	2	20.00
200 บาท	4	40.00
250 บาท	2	20.00
300 บาท	2	20.00
รายได้จากการขายดอกงิ้วแห้ง		
ไม่มีรายได้	2	20.00
500–1,000 บาท	2	20.00
1,100–1,500 บาท	5	50.00
1,600–2,000 บาท	1	10.00

1.2 รวบรวมข้อมูลจากแม่ค้าที่จำหน่ายดอกงิ้วแห้งในตลาดท้องถิ่นโดยทำการสัมภาษณ์จำนวน 10 ราย จากการสัมภาษณ์พบว่า กลุ่มผู้ขายดอกงิ้วแห้งส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง รองลงมาเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 60 และ 40 ตามลำดับ มีช่วงอายุมากกว่า 50 ปี โดยมีอายุ 61–70 ปี มากที่สุด รองลงมาคือ มีอายุ 51–60 ปี และอายุ 41–50 ปี คิดเป็นร้อยละ 50, 40 และ 10 ตามลำดับ ในด้านระดับการศึกษาส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับประถมศึกษา โดยคิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 40 และระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 10 ตามลำดับ (ตาราง 6)

ปัญหาที่สำคัญและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้งของผู้ขายดอกงิ้วแห้ง พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาดอกงิ้วแห้งไว้เป็นเวลานานขึ้นมักจะเกิดเชื้อรา ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงของสีดอกงิ้วแห้ง โดยปัญหาที่พบมากที่สุดคือ การเกิดเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง รองลงมาคือ ความชื้นที่เพิ่มมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 100 และ 70 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงสีของดอกงิ้วแห้ง คิดเป็นร้อยละ 60 ในด้านลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุดอกงิ้วแห้งเพื่อจำหน่ายนั้นทำการบรรจุในถุงพลาสติกใสโดยราคาที่จำหน่ายต่อกิโลกรัมจะอยู่ในช่วงราคากิโลกรัมละ 200–400 บาท โดยจำหน่ายในช่วงราคา 201–300 และ 301–400 บาท คิดเป็นร้อยละ 50 เท่ากัน (ตาราง 7)

ปัญหาที่สำคัญที่ผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้งประสบปัญหาเกี่ยวกับดอกงิ้วแห้งคือ ดอกงิ้วแห้งมีเชื้อราเกิดขึ้น มีความชื้นที่เพิ่มมากขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีดอกงิ้วแห้งโดยมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ส่งผลทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้งมีความต้องการแนวทางที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของดอกงิ้วให้ได้นานขึ้น มีลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการจำหน่ายและเก็บรักษาดอกงิ้วแห้ง

ตาราง 6 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (n=10)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	4	40.00
หญิง	6	60.00
อายุ		
40–50 ปี	1	10.00
51–60 ปี	4	40.00
61–70 ปี	5	50.00
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้รับการศึกษา	0	00.00
ประถมศึกษา	6	60.00
มัธยมศึกษาตอนต้น	3	30.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย	0	40.00
ปริญญาตรี	1	10.00
ปริญญาโท หรือสูงกว่า	0	00.00

ตาราง 7 แสดงข้อมูลปัญหาและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้จำหน่ายดอกงิ้วแห้ง

ปัญญาหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง	ร้อยละ
ความชื้นในดอกงิ้วแห้ง	70.00
การเกิดเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง	100.00
การเปลี่ยนแปลงของสีดอกงิ้วแห้ง	60.00
ความกรอบและความแห้ง	00.00
อื่น ๆ	00.00
ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่จำหน่าย	
ถุงพลาสติกใส	100.00
ถุงฟอยล์แบบทึบ	00.00
ถุงฟอยล์หน้าใส	00.00
ถุงกระดาษ	00.00
อื่น ๆ	00.00
ราคาจำหน่าย/กิโลกรัม	
100-200 บาท	00.00
201-300 บาท	50.00
301-400 บาท	50.00
401-500 บาท	00.00

การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้ง

ทำการเก็บตัวอย่างดอกงิ้วแห้งจาก 6 จังหวัด ทางภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่ ที่เกิดเชื้อรามาแยกเชื้อสาเหตุ โดยนำดอกงิ้วแห้งตัดออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนหัว กลาง ท้าย ไปวางเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA จากนั้น นำมาแยกเชื้อสาเหตุให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ แล้วนำไปวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานของ เชื้อราสาเหตุภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) พบเชื้อราที่แยกได้ทั้งหมด 154 ไอโซเลท โดยพบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรามากจากตัวอย่างดอกงิ้วแห้งที่มาจากเขตพื้นที่จังหวัดน่านและเชียงใหม่ โดยมีการตรวจพบเชื้อรามากที่สุดเท่ากับ 30 ไอโซเลท รองลงมาคือดอกงิ้วแห้งที่มาจากจังหวัดพะเยา แพร่ ลำปาง และเชียงราย ที่มีการตรวจพบเชื้อราเท่ากับ 27, 24, 22 และ 21 ไอโซเลท ตามลำดับ และนำเชื้อทั้งหมดมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและอณูชีววิทยาเพื่อหาลำดับเบสและเทียบความคล้ายของราในฐานข้อมูล GenBank สามารถจำแนกเชื้อราได้ 5 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillum citrinum*, *Eurotium amstelodami* และ*Pestalotiopsis australasiae* โดยพบว่าเชื้อราสกุล *Aspergillus* sp. และ *Pennicilium* sp. ถูกพบมากที่สุดหรือปนเปื้อนมากที่สุดในกระบวนการแยกราในดอกงิ้วแห้ง (ตารางที่ 8–11 และภาพ 6–7)

ตาราง 8 แสดงจำนวนเชื้อที่พบในดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา และแพร่

แหล่งดอกงิ้ว	สถานที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนเชื้อที่พบ (ไอโซเลท)	ร้อยละ
เชียงราย	ห้างสรรสินค้าแม็คโคร	4	19.05
	ตลาดสดหน้า ม.ราชภัฏ	5	23.81
	ตลาดห้วยสัก อ. เมือง	6	28.56
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. เมือง	3	14.29
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. พาน	3	14.29
	รวม	**21**	**100.00**
พะเยา	ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร	4	14.81
	ตลาดแม่ต๋ำ อ. เมือง	8	29.63
	ตลาดนัดหน้า ม.พะเยา	6	22.22
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. แม่ใจ	5	18.52
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ดอกคำใต้	4	14.81
	รวม	**27**	**100.00**
แพร่	ห้างสรรสินค้าแม็คโคร	3	12.50
	ตลาดสดชมพูมิ่ง อ. เมือง	6	25.00
	ตลาดบ้านป่าแดง อ. เมือง	7	29.17
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ลอง	3	12.50
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. วังชิ้น	5	20.83
	รวม	**24**	**100.00**

ตาราง 9 แสดงจำนวนเชื้อที่พบในดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่

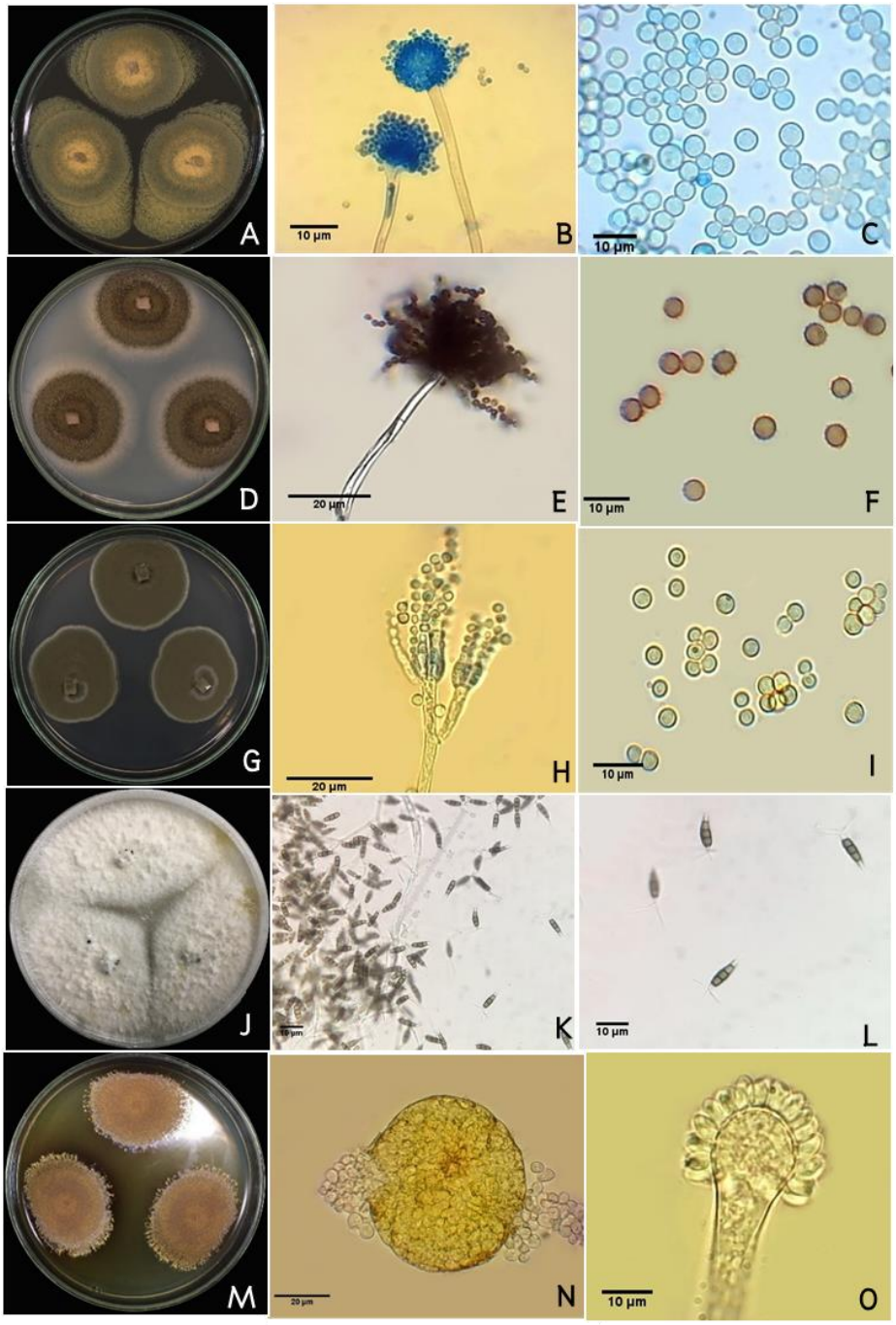
แหล่งดอกงิ้ว	สถานที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนเชื้อที่พบ (จำนวนไอโซเลท)	ร้อยละ
น่าน	ตลาดตั้งจิตนุสรณ์ อ. เมือง	6	20.00
	ตลาดสดบ้านปางค่า อ. เมือง	8	26.67
	ตลาดสดตาลชุม อ. ท่าวังผา	7	23.33
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ภูเพียง	4	13.33
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ท่าวังผา	5	16.67
	รวม	**30**	**100.00**
ลำปาง	ตลาดทุ่งเกวียน อ. ห้างฉัตร	6	27.27
	ตลาดท่านาง อ. เถิน	4	18.18
	ตลาดเทศบาล อ. งาว	5	22.73
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. แม่เมาะ	3	13.64
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. แจ้ห่ม	4	18.18
	รวม	**22**	**100.00**
เชียงใหม่	ตลาดวโรรส อ.เมือง	10	33.34
	ตลาดเมืองใหม่ อ. เมือง	6	20.00
	ตลาดสด อ. แม่ริม	6	20.00
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ.หางดง	4	13.33
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ.สันป่าตอง	4	13.33
	รวม	**30**	**100.00**

ตาราง 10 แสดงจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มที่แยกได้จากดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา และแพร่

	แหล่งดอกงิ้ว	*Aspergillus* sp.		*Eurotium* sp.		*Pennicilium* sp.		*Fusarium* sp.		*Rhizopus* sp.		*Pestalotiopsis sp.*		รวม
		จำนวนไอโซเลท	%	จำนวนไอโซเลท	%	จำนวนไอโซเลท	%	จำนวนไอโซเลท	%	จำนวนไอโซเลท	%	จำนวนไอโซเลท	%	จำนวนไอโซเลท
เชียงราย	ห้างสรรพสินค้าแม็คโคร	2	50.00	0	0.00	1	25.00	0	0.00	1	25.00	0	0.00	4
	ตลาดหน้า ม.ราชภัฏ	3	60.00	0	0.00	2	40.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5
	ตลาดห้วยสัก อ. เมือง	2	33.33	1	16.67	2	33.33	1	16.67	0	0.00	0	0.00	6
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. เมือง	1	33.33	1	33.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	33.33	3
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. พาน	1	33.33	1	33.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	33.33	3
พะเยา	ห้างสรรสินค้าแม็คโคร	2	50.00	0	0.00	2	50.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4
	ตลาดแม่ต๋ำ อ. เมือง	3	37.50	1	12.50	2	25.00	1	12.50	1	12.50	0	0.00	8
	ตลาดหน้า ม.พะเยา	2	33.33	1	16.67	1	16.67	0	0.00	1	16.67	1	16.67	6
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. แม่ใจ	2	40.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00	0	0.00	0	0.00	5
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ดอกคำใต้	3	75.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	25.00	4
แพร่	ห้างสรรสินค้าแม็คโคร	2	66.67	1	33.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3
	ตลาดสดชมพูมิ่ง อ. เมือง	2	33.33	1	16.67	1	16.67	0	0.00	1	16.67	1	16.67	6
	ตลาดบ้านป่าแดง อ. เมือง	3	42.86	1	14.29	2	28.57	0	0.00	0	0.00	1	14.29	7
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ลอง	0	0.00	1	33.33	1	33.33	0	0.00	1	33.33	0	0.00	3
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. วังชิ้น	2	40.00	1	20.00	1	20.00	0	0.00	1	20.00	0	0.00	5
	รวม	30		11		16		3		6		6		72

ตาราง 11 แสดงจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มที่แยกได้จากดอกงิ้วแห้งจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่

	แหล่งดอกงิ้ว	*Aspergillus* sp.		*Eurotium* sp.		*Pennicilium* sp.		*Fusarium* sp.		*Rhizopus* sp.		*Pestalotiopsis sp.*		รวม จำนวน ไอโซเลท
		จำนวน ไอโซเลท	%	จำนวน ไอโซเลท	%	จำนวน ไอโซเลท	%	จำนวน ไอโซเลท	%	จำนวน ไอโซเลท	%	จำนวน ไอโซเลท	%	
น่าน	ตลาดตั้งจิตนุสรณ์ อ. เมือง	2	33.33	1	16.67	1	16.67	0	0.00	1	16.67	1	16.67	6
	ตลาดสดบ้านปางค่า อ. เมือง	2	25.00	1	12.50	2	25.00	1	12.50	1	12.50	1	12.50	8
	ตลาดสดตาลชุม อ. ท่าวังผา	3	42.86	1	14.29	1	14.29	1	14.29	1	14.29	0	0.00	7
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ภูเพียง	1	25.00	1	25.00	1	25.00	0	0.00	0	0.00	1	25.00	4
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. ท่าวังผา	2	40.00	1	20.00	1	20.00	0	0.00	1	20.00	0	0.00	5
ลำปาง	ตลาดทุ่งเกวียน อ. ห้างฉัตร	3	50.00	1	16.67	1	16.67	0	0.00	1	16.67	0	0.00	6
	ตลาดท่านาง อ. เถิน	1	25.00	1	25.00	1	25.00	0	0.00	0	0.00	1	25.00	4
	ตลาดสดเทศบาล อ. งาว	2	40.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00	0	0.00	0	0.00	5
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. แม่เมาะ	0	0.00	1	33.33	0	0.00	0	0.00	1	33.33	1	33.33	3
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. แจ้ห่ม	2	50.00	0	0.00	1	25.00	0	0.00	0	0.00	1	25.00	4
เชียงใหม่	ตลาสสดวโรรส อ. เมือง	4	40.00	1	20.00	2	20.00	1	0.00	1	10.00	1	10,00	10
	ตลาดสด อ. แม่ริม	2	33.33	1	16.67	1	16.67	0	10.00	1	16.67	1	16.67	6
	ตลาดหน้าม.ราชภัฏ	2	33.33	0	33.33	2	33.33	0	0.00	1	16.67	1	16.67	6
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. แม่เมาะ	2	50.00	1	25.00	1	25.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4
	ผู้เก็บดอกงิ้ว อ. สันป่าตอง	1	25.00	1	25.00	1	25.00	0	0.00	1	25.00	0	0.00	4
	รวม	29		13		17		4		10		9		82



ภาพ 6 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราที่แยกได้จากดอกงิ้วแห้ง

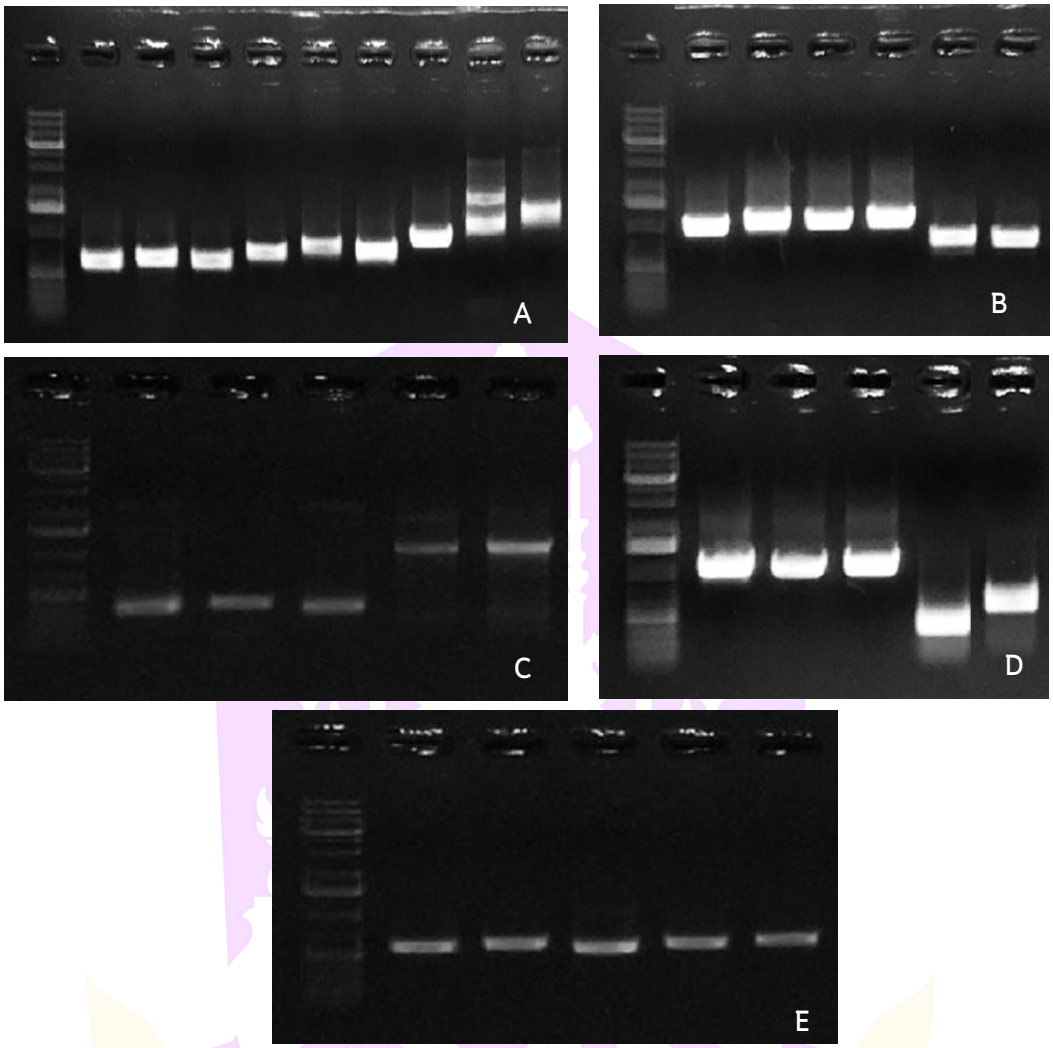
หมายเหตุ: A = *Aspergillus flavus*

D = *Aspergillus niger*

G = *Penicillium citrinum*

J = *Pestalotiopsis australasiae*

M = *Eurotium amstelodami*



ภาพ 7 แสดงขนาดของชิ้นส่วน DNA ที่เพิ่มจำนวนได้ในส่วนบริเวณตำแหน่ง ITS (ITS1 and ITS4) primer (A), LSU (LROR and LR5) primer (B), Beta-tubulin (BT2a and BT2b) primer (C), Actin (783R and 512F) prime (D) และ r RPB-2 (RPB1 and RPB2) primer (E)

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

การทดลอง 3.1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุ *A. flavus* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยทำการปิเปตน้ำโอโซน ความเข้มข้น 100, 150, และ 200 mg/h ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลทเพาะเลี้ยงเซลล์ 96 หลุม จากนั้นปิเปตสปอร์แขวนลอย (spore suspension) ของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 10 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลทเพาะเลี้ยงเซลล์ 96 หลุม ที่ผ่านการฆ่าเชื้อผสมให้เข้ากัน และมีสารแขวนลอยสปอร์ที่ใส่น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม นำมาวางในกล่องพลาสติก บ่มไว้ ในตู้บ่มเชื้อแบบเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (shaker incubator) ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ทำการตรวจนับ ทุก 3 ชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า การงอกของสปอร์จะเริ่มงอกเมื่อเวลา 9 ชั่วโมง และเมื่อเวลานานขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ที่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง น้ำโอโซนที่มีระดับความเข้มข้นมากขึ้นจะช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์เพิ่มมากขึ้น โดยที่น้ำโอโซน 200 mg/h สามารถลดการเจริญของเชื้อราสาเหตุ *A. flavus* ได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 19.20±2.28% และ มีความยาวของ germ tube เท่ากับ 19.43±1.67 µm รองลงมาน้ำโอโซน 150 mg/h มีการงอกของสปอร์และความยาวของ germ tube เท่ากับ 33.60±1.67% และ 90.59±3.17 µm ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม และน้ำโอโซน 100 mg/h มีการงอกของสปอร์เท่ากับ 100% และความยาวของ germ tube เท่ากับ 359.58±2.76และ 244.19±4.76 µm ตามลำดับ (ตาราง 12–13) ประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า การงอกของสปอร์จะเริ่มงอกเมื่อเวลา 12 ชั่วโมง และเมื่อเวลานานขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ที่เพิ่มมากขึ้นจนครบเวลา 24 ชั่วโมง น้ำโอโซนที่มีระดับความเข้มข้นมากขึ้นจะช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์เพิ่มมากขึ้น โดยน้ำโอโซน 200 mg/h สามารถลดการเจริญของเชื้อราสาเหตุ *P. citrinum* ได้มากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เท่ากับ 23.20±6.42% และ ความยาวของ germ tube เท่ากับ 40.70±2.89 µm รองลงมาน้ำโอโซน 150 mg/h มีเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เท่ากับ 61.20±7.43% และความยาวของ germ tube เท่ากับ 102.37±2.55 µm ในขณะที่ชุดควบคุม และน้ำโอโซน 100 mg/h มีการงอกของสปอร์เท่ากับ 100% และความยาวของ germ tube เท่ากับ 300.08±4.79 และ 165.49±2.93 µm ตามลำดับ (ตาราง 14–15)

ตาราง 12 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการงอกของสปอร์ (%) ของเชื้อรา *A. flavus* ในสภาพห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

Treatment	Spore germination (%) h								
	0[1/]	3[1/]	6[1/]	9[1/]	12[1/]	15[1/]	18[1/]	21[1/]	24[1/]
Control	0.00	0.00	0.00	39.20±4.82[a]	58.56±4.60[a]	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]
100 mg/h	0.00	0.00	0.00	33.20±4.15[b]	39.60±4.77[b]	55.60±3.29[b]	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]
150 mg/h	0.00	0.00	0.00	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[b]	30.00±2.00[b]	33.60±1.67[b]
200 mg/h	0.00	0.00	0.00	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[b]	0.00[c]	19.20±2.28[c]
CV (%)	0	0	0	19.42	15.04	5.14	1.74	2.45	2.83

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแถวแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 13 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อความยาว Germ tube ของสปอร์เชื้อ *A. flavus* ในสภาพห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

Treatment	Germ tube length (µm)								
	0[1/]	3[1/]	6[1/]	9[1/]	12[1/]	15[1/]	18[1/]	21[1/]	24[1/]
Control	0.00	0.00	0.00	106.88±4.01[a]	191.80±4.61[a]	229.10±9.44[a]	270.60±3.84[a]	323.24±4.03[a]	359.58±2.76[a]
100 mg/h	0.00	0.00	0.00	24.65±2.74[b]	44.70±3.07[b]	68.04±3.30[b]	111.59±6.20[b]	198.29±5.70[b]	244.19±4.76[b]
150 mg/h	0.00	0.00	0.00	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	55.41±2.55[c]	90.59±3.17[c]
200 mg/h	0.00	0.00	0.00	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[d]	19.43±1.67[d]
CV (%)	0	0	0	8.49	5.38	7.54	4.33	2.93	2.11

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแถวแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 14 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการงอกของสปอร์ (%) ของเชื้อรา *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

Treatment	Spore germination % (h)				
	0[1/]	6[1/]	12[1/]	18[1/]	24[1/]
Control	0.00	0.00	82.40±7.13[a]	100.00[a]	100.00[a]
100 mg/h	0.00	0.00	75.60±10.43[a]	100.00[a]	100.00[a]
150 mg/h	0.00	0.00	34.40±3.85[a]	47.20[b]	61.20±7.43[b]
200 mg/h	0.00	0.00	0.00[b]	16.40[c]	23.20±6.42c
CV (%)	0	0	14.92	8.41	7.74

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแถวแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 15 แสดงผลประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อความยาว Germ tube ของสปอร์เชื้อ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

Treatment	Germ tube length (μm) (h)				
	0[1/]	6[1/]	12[1/]	18[1/]	24[1/]
Control	0.00	0.00	23.30±3.13[a]	108.45±4.07[a]	300.08±4.79[a]
100 mg/h	0.00	0.00	19.57±2.85[b]	51.87±2.93[b]	165.49±2.93[b]
150 mg/h	0.00	0.00	16.16±2.13[c]	46.20±2.55[c]	102.37±2.55[c]
200 mg/h	0.00	0.00	0.00[d]	19.34±2.89[d]	40.70±2.89[d]
CV (%)	0	0	17.94	6.27	5.09

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแถวแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

การทดลองที่ 3.2 ศึกษาประสิทธิภาพการล้างด้วยน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง

ทำคัดเลือกดอกงิ้วแห้งที่มีคุณภาพ สี ขนาด ความยาวใกล้เคียงกัน และสม่ำเสมอกัน จากนั้นนำสารแขวนลอย (spore suspension) ของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ระดับความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิตร ผสมสาร Tween 20 ความเข้มข้น 2% ฉีดพ่นให้ทั่วดอกงิ้วแห้ง และทำให้ดอกงิ้วแห้งด้วยการวางในเครื่อง Fume hood หลังจากนั้นนำดอกงิ้วแห้งมาล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h จากการทดสอบประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h (ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ดีที่สุด ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้มากที่สุด) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำมาลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ร่วมกับแช่น้ำเย็น 5 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้เครื่องสะเด็ดน้ำดอกงิ้วแห้ง เป็นเวลา 30 วินาที นำไปอบด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที จากนั้นนำบรรจุถุงพลาสติกใสและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาตรวจสอบปริมาณเชื้อราด้วยการนับจำนวนโคโลนีภายหลังการล้างด้วยน้ำโอโซน พบว่า การล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h สามารถลดการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P.citrinum* ที่มีความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตรได้ โดยมีจำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ $0.28±0.05×10^6$ และ $0.38±0.03×10^6$ cfu/g ตามลำดับ รองลงมากรรมวิธีที่ลวกด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที ร่วมกับแช่น้ำเย็น 95 องศาเซลเซียส มีจำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมด เท่ากับ $0.68±0.02×10^6$ และ $0.79±0.03×10^6$ cfu/g ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ลวกด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที มีจำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมด เท่ากับ $1.43±0.02×10^6$ และ $1.41±0.04×10^6$ cfu/g ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นมีจำนวนโคโลนีมากที่สุด เท่ากับ $1.97±0.02×10^6$ และ $1.98±0.20×10^6$ cfu/g ตามลำดับ (ตาราง 16)

ตาราง 16 จำนวนโคโลนีของเชื้อราภายหลังการล้างด้วยน้ำโอโซนเป็นระยะเวลา 7 วัน

Treatment	Total viable plate count (cfu/g) 10^6	
	A. flavus	*P. citrinum*
Control (DI water)	1.97±0.02[a]	1.98±0.20[a]
Hot water 95°c 30 sec.	1.43±0.02[b]	1.41±0.04[b]
Hot water 95°c 30 sec.+ Cool water 5°c	0.68±0.02[c]	0.79±0.03[c]
Ozonated water 200 mg/h	0.28±0.05[d]	0.38±0.03[d]
CV (%)	3.12	2.80

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแถวแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

การทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิดต่าง ๆ 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

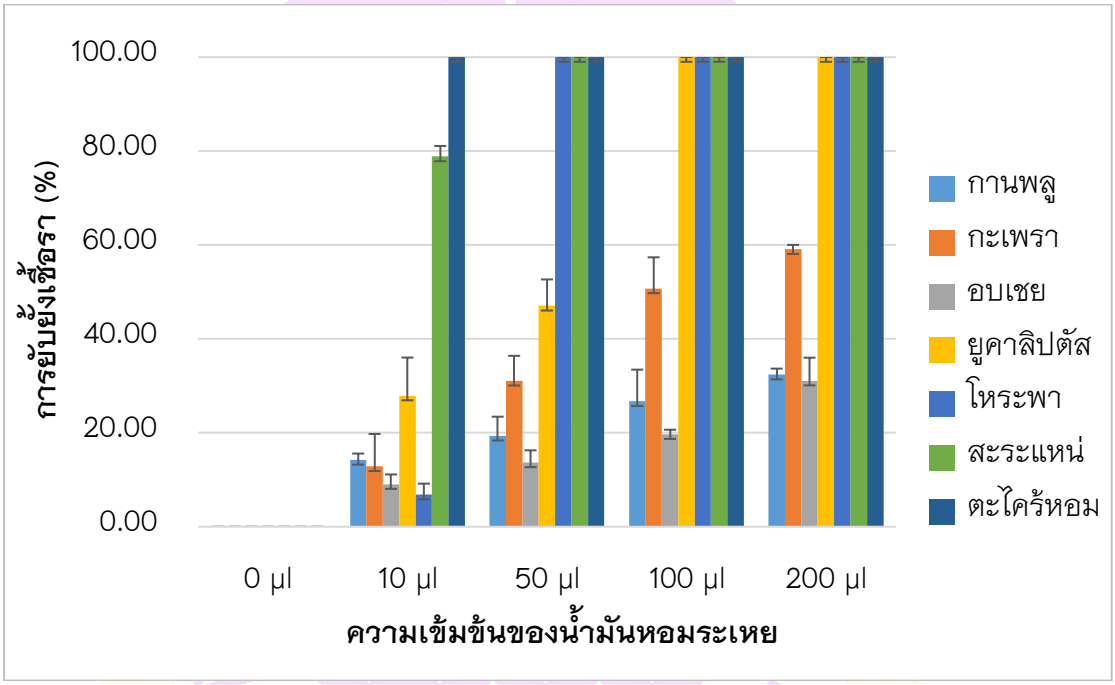
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อรา

การทดสอบประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด คือ น้ำมันหอมระเหยกานพลู น้ำมันหอมระเหยกะเพรา น้ำมันหอมระเหยอบเชย น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส น้ำมันหอมระเหยโหระพา น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum* โดยวิธีการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย ที่ระดับความเข้มข้น ดังนี้ 0, 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้แตกต่างกัน

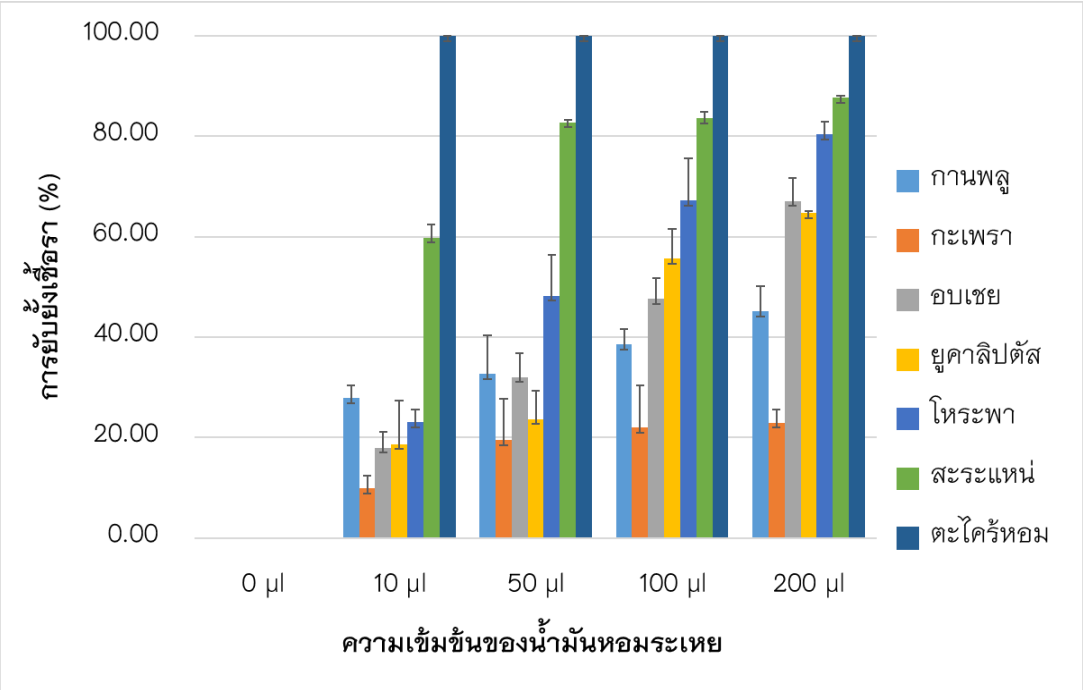
ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรามากที่สุด โดยที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อจานทดลองขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ 100% รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากโหระพา และน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตรต่อจานทดลองขึ้นไป และน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อจานทดลองขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ 100% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ และการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู น้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา และน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย ที่ระดับความเข้มข้น 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลองพบว่ามีประสิทธิภาพน้อยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* โดยสามารถยับยั้งได้เพียง 32.37, 59.08 และ 31.09% ตามลำดับ (ตาราง 17 และภาพ 8 และ 10)

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมให้ผลดีที่สุดโดยที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อจานทดลองขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ 100% รองลงมาเป็นน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ 82.78% ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากโหระพาที่ระดับความเข้มข้น 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้

80.32% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รมน้ำมันหอมระเหยไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ และการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู และน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส และน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ค่อนข้างต่ำ โดยเมื่อรมที่ระดับความเข้มข้น 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลองสามารถยับยั้งได้เพียง 22.94, 45.08, 64.76 และ 67.14% ตามลำดับ (ตาราง 18 และภาพ 9 และ 11)



ภาพ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



ภาพ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. citrinum* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 14 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ตาราง 17 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ในระดับห้องปฏิบัติการที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Concentration	Growth inhibition (%)						
	Clove[1/]	Holy basil[1/]	Cinnamon[1/]	Eucalyptus[1/]	Sweet basil[1/]	Balm mint[1/]	Citronella[1/]
0 µl	0.00±0.00^{c}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{c}	0.00±0.00^{c}	0.00±0.00^{b}
10 µl	14.21±1.37^{ab}	12.85±6.09^{c}	9.06±2.07^{c}	27.92±8.10^{c}	6.84±2.33^{b}	78.82±2.25^{b}	100.00±0.00^{a}
50 µl	19.36±4.07^{ab}	31.07±5.32^{b}	13.68±2.58^{c}	47.04±5.82^{b}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
100 µl	26.69±6.76^{a}	50.74±6.63^{a}	19.69±0.96^{b}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
200 µl	32.37±1.29^{a}	59.08±0.93^{a}	31.09±4.90^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
CV (%)	29.42	15.98	18.24	8.78	2.75	1.33	0.49

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแถวแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

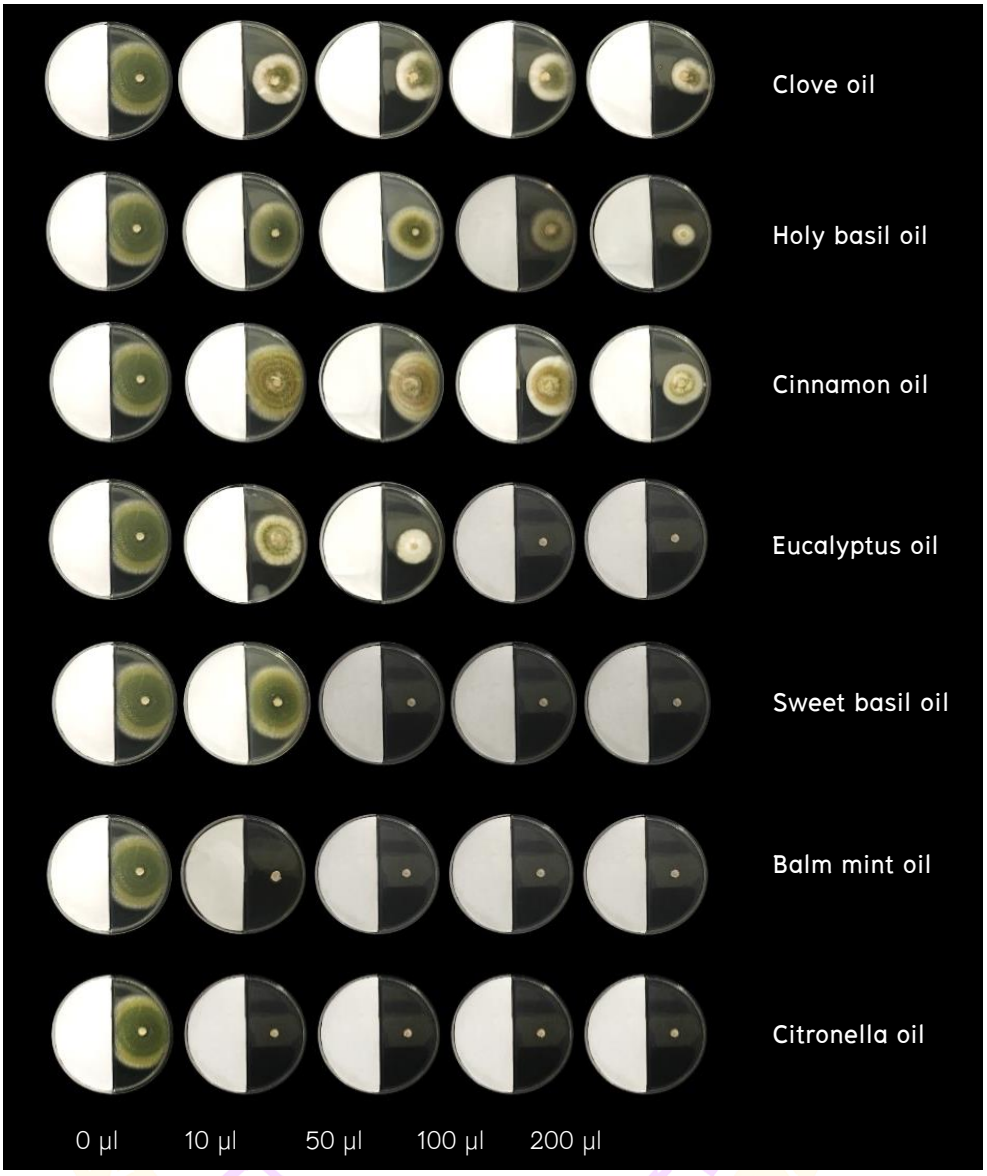
2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 18 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ในระดับห้องปฏิบัติการที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

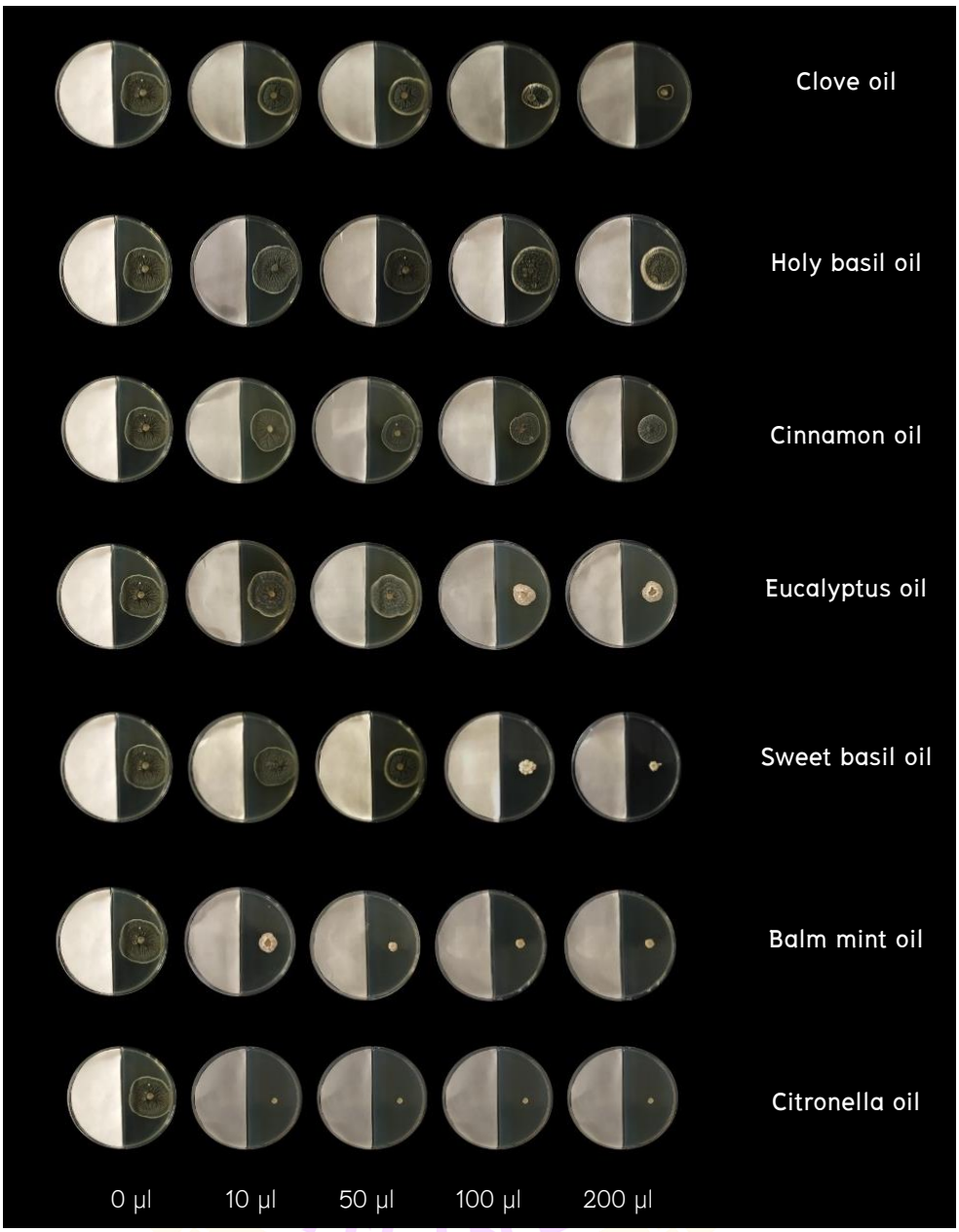
Concentration	Growth inhibition (%)						
	Clove[1/]	Holy basil[1/]	Cinnamon[1/]	Eucalyptus[1/]	Sweet basil[1/]	Balm mint[11/]	Citronella[1/]
0 µl	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{b}
10 µl	27.86±2.58^{c}	9.84±2.52^{bc}	17.98±3.24^{d}	18.69±8.65^{c}	23.02±3.44^{d}	59.84±2.52^{c}	100.00±0.00^{a}
50 µl	32.66±7.74^{bc}	19.52±8.22^{ab}	32.02±4.80^{c}	23.69±5.65^{c}	48.21±9.94^{c}	82.78±0.48^{b}	100.00±0.00^{a}
100 µl	38.49±3.03^{ab}	22.02±8.44^{a}	47.62±4.12^{b}	55.63±5.98^{b}	67.18±2.04^{b}	83.61±1.27^{b}	100.00±0.00^{a}
200 µl	45.08±5.00^{a}	22.94±2.61^{a}	67.14±4.47^{a}	64.76±0.41^{a}	80.32±0.55^{a}	87.70±0.34^{a}	100.00±0.00^{a}
CV (%)	15.58	37.09	12.48	17.97	12.01	2.25	0.49

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแถวแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)



ภาพ 10 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



ภาพ 11 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. citrinum* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 7 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 14 วัน ที่บ่มในสภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

4.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการรมดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum*

คัดเลือกดอกงิ้วแห้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันและมีความสม่ำเสมอ ทั้งความกว้าง ความยาว สี ขนาดใกล้เคียงกัน นำสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ความเข้มข้น $1.0x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ผสมสาร Tween 20 ความเข้มข้น 2% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาฉีดพ่นให้ทั่วดอกงิ้วแห้ง และทำให้ดอกงิ้วแห้งด้วยการวางดอกงิ้วในเครื่อง Fume hood หลังจากนั้นนำดอกงิ้วแห้งที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อมาทำการรมด้วยไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ในกล่องพลาสติกขนาด 16,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นระยะเวลา 0–96 ชั่วโมงจากนั้นนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน ทำการประเมินคุณภาพของดอกงิ้วแห้งด้วยการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อรา จากการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* บนดอกงิ้วได้ แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการรมที่เหมาะสม โดยพบว่าการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระยะเวลาน้อยกว่า 24 ชั่วโมง ไม่สามารถลดปริมาณการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ แต่เมื่อระยะเวลาในการรมเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งได้เพิ่มขึ้น เมื่อทำการรมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมกับดอกงิ้วแห้งที่ปลูกเชื้อเป็นระยะเวลานาน 96 ชั่วโมงขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่รมน้ำมันหอมระเหย (ตาราง 19–20 และภาพ 12–13)

ตาราง 19 แสดงผลของระยะเวลาในการรมดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งหลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	Total viable plate count (cfu/g)	
	A. flavus[1/]	*P.citrinum*[1/]
Control	$2.00\times10^{7}\pm0.00^{a}$	$1.97\times10^{7}\pm0.02^{a}$
3 h	$1.40\times10^{7}\pm0.02^{b}$	$1.35\times10^{7}\pm0.01^{b}$
6 h	$1.11\times10^{7}\pm0.12^{c}$	$0.91\times10^{7}\pm0.06^{c}$
12 h	$0.75\times10^{7}\pm0.06^{d}$	$0.54\times10^{7}\pm0.03^{d}$
24 h	$0.40\times10^{7}\pm0.03^{e}$	$0.30\times10^{7}\pm0.01^{e}$
48 h	$0.01\times10^{7}\pm0.00^{f}$	$0.12\times10^{7}\pm0.01^{f}$
72 h	0.00 ± 0.00^{f}	$0.06\times10^{7}\pm0.03^{g}$
96 h	0.00 ± 0.00^{f}	0.00 ± 0.00^{h}
CV (%)	8.90	4.47

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 20 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของผลของระยะเวลาในการรมดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งหลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน

		Total viable plate count (Cfu/g)
Fungi	*Aspergillus flavus*	0.70×10^{7a}
	Penicillium citrinum	0.66×10^{7b}
Time	0 hr	1.98×10^{7a}
	3 hrs	1.37×10^{7b}
	6 hrs	1.01×10^{7c}
	12 hrs	0.65×10^{7d}
	24 hrs	0.35×10^{7e}
	48 hrs	7.00×10^{7f}
	72 hrs	0.03×10^{7fg}
	96 hrs	0.00×10^{7fg}
Fungi		ns
Time		*
Fungi*Time		*
CV (%)		6.79

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

ภาพ 12 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* ในดอกงิ้วแห้งที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) เป็นระยะเวลา (A) ชุดควบคุม (B) 3 ชม. (C) 6 ชม. (D) 12 ชม. (E) 24 ชม. (F) 48 ชม. (G) 72 ชม.และ (H) 96 ชม. หลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน

ภาพ 13 แสดงลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) เป็นระยะเวลา (A) ชุดควบคุม (B) 3 ชม. (C) 6 ชม. (D) 12 ชม. (E) 24 ชม. (F) 48 ชม. (G) 72 ชม.และ (H) 96 ชม. หลังจากการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 7 วัน

การทดลองที่ 5 ศึกษาการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งระดับห้องปฏิบัติการ

คัดเลือกดอกงิ้วแห้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันและมีความสม่ำเสมอ ทั้งความกว้าง ความยาว สี ขนาดใกล้เคียงกัน นำเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ความเข้มข้น $1.0x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิตร ผสมสาร Tween 20 ความเข้มข้น 2% มาฉีดพ่นให้ทั่วดอกงิ้วแห้ง และนำดอกงิ้วแห้งวางในเครื่อง Fume hood เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงจากนั้นนำดอกงิ้วแห้งมาล้างน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำมาลวกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ร่วมกับแช่น้ำเย็น 5 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้เครื่องสะเด็ดน้ำดอกงิ้วแห้ง เป็นเวลา 30 วินาที นำไปอบด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที และทำการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตรเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง ในกล่องพลาสติกขนาด 16,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกใสและเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วันทำการบันทึกผลการทดลองดังนี้

5.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ปริมาณน้ำอิสระของดอกงิ้วแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน โดยในวันเริ่มต้นและวันที่ 7 ชุดควบคุมและการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีปริมาณน้ำอิสระใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.66–0.68 ในขณะที่การล้างน้ำโอโซนและการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด อยู่ในช่วง 0.39–0.41 ทั้งนี้เนื่องจากดอกงิ้วแห้งในชุดควบคุมและรมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยไม่มีการอบแห้ง (ตาราง 21)

5.2 จำนวนโคโลนีของเชื้อรา

การล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h ร่วมกับรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งระดับห้องปฏิบัติการพบว่า เชื้อรามีการเจริญเติบโตและมีจำนวนโคโลนีที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน โดยกรรมวิธีที่รมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม และกรรมวิธีที่ล้างน้ำโอโซนร่วมกับรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมให้ผลดีที่สุดโดยในวันเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการเก็บรักษาไม่พบโคโลนีของเชื้อราเกิดขึ้น ขณะที่การล้างน้ำโอโซนสามารถลดการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ดีเช่นกัน โดยในวันเริ่มต้นและวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีจำนวนโคโลนีของเชื้อราเท่ากับ $0.32x10^6$, $0.47±0.02x10^6$, $0.26±0.03x10^6$

และ 0.41±0.03×10^6 cfu/g ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีจำนวนโคโลนีของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* มากที่สุดเท่ากับ 1.72±0.02×10^6, 1.69±0.04×10^6, 1.87±0.04×10^6 และ 1.82±0.01×10^6 cfu/g (ตาราง 22)

5.3 สีของดอกงิ้ว

ค่า L* หรือความสว่าง ถ้าหากค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีสว่าง ดอกงิ้วแห้งที่ปลูกถ่ายเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* เมื่อนำไปล้างน้ำโอโซน และรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม พบว่า ค่า L*ของดอกงิ้วแห้งทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่างมากกว่าชุดควบคุม และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยดอกงิ้วแห้งล้างน้ำโอโซนมีค่า L* มากที่สุด โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่า L* อยู่ในช่วง 50.11–50.23 ในขณะที่ชุดควบคุมที่มีค่า L* น้อยที่สุดเท่ากับ 47.33–49.80 (ตาราง 23)

ค่า a* เป็นค่าสีแดง–สีเขียว โดยที่ถ้าหากค่า a เป็นบวก (+) แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดงหรือน้ำตาลคล้ำ แต่ถ้าหากค่า a เป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีเขียว ดอกงิ้วแห้งที่ปลูกถ่ายเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* เมื่อนำไปล้างน้ำโอโซน และรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม พบว่า ค่า a*ของดอกงิ้วแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซน มีค่า a* มากที่สุด โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่า a* อยู่ในช่วง 9.13–9.23 ในขณะที่ชุดควบคุม มีค่า a* น้อยที่สุด อยู่ในช่วง 7.32–8.98 (ตาราง 24)

ค่า b* เป็นค่าสีเหลือง–สีน้ำเงิน หากค่า b* เป็นบวกแสดงว่ามีสีเหลือง หากมีค่า b* เป็นลบแสดงว่ามีสีน้ำเงิน ดอกงิ้วที่ปลูกถ่ายเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* เมื่อนำไปล้างน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม พบว่า ดอกงิ้วที่ล้างน้ำโอโซน มีค่า b* มากที่สุด และมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยในที่ 7 ของการเก็บรักษา ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนมีค่า b* เท่ากับ 14.34 และ 14.92 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม มีค่า b* น้อยที่สุด เท่ากับ 13.78 และ 13.65 ตามลำดับ (ตาราง 25)

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดอกงิ้วแห้งที่ปลูกถ่ายเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* เมื่อนำไปล้างน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม พบว่า ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซน มีค่า ΔE มากที่สุด เท่ากับ 2.40 และ 2.15 ในขณะที่ชุดควบคุม การรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม และการล้างด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มีค่า ΔE ใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.42–1.09 (ตาราง 26)

ตาราง 21 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อปริมาณน้ำอิสระของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	Water activity (a_w)			
	Days after storage			
	A. flavus		*P. citrinum*	
	0[1/]	7[1/]	0[1/]	7[1/]
Control	0.66±0.01[a]	0.68±0.02[a]	0.66±0.02[a]	0.67±0.02[a]
Ozonated water 200 mg/h	0.39±0.01[b]	0.41±0.02[b]	0.39±0.01[b]	0.40±0.01[b]
Citronella oil	0.66±0.01[a]	0.67±0.01[a]	0.66±0.02[a]	0.67±0.01[a]
Ozonated water + Citronella oil	0.39±0.01[b]	0.40±0.01[b]	0.40±0.01[b]	0.39±0.01[b]
CV (%)	1.73	2.55	3.37	2.56

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 22 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราในดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	Total viable plate count (cfu/g) 10^6			
	Days after storage			
	A. flavus		*P. citrinum*	
	0[1/]	7[1/]	0[1/]	7[1/]
Control	1.72±0.02[a]	1.87±0.04[a]	1.69±0.04[a]	1.82±0.01[a]
Ozonated water 200 mg/h	0.32±0.02[b]	0.47±0.02[b]	0.26±0.03[b]	0.41±0.03[b]
Citronella oil	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]
Ozone water + Citronella oil	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]
CV (%)	6.43	10.45	4.75	3.76

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 23 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อค่า L* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	Color L*			
	Days after storage			
	A. flavus		*P. citrinum*	
	0[1/]	7[1/]	0[1/]	7[1/]
Control	50.12±0.51[a]	49.80±0.46[a]	49.77±0.43[c]	47.33±0.93[b]
Ozonated water 200 mg/h	51.23±1.19[a]	50.23±1.47[a]	50.71±0.15[ab]	50.11±0.55[a]
Citronella oil	50.70±0.76[a]	50.25±0.36[a]	50.14±0.18[bc]	49.89±0.10[a]
Ozonated water + Citronella oil	50.75±0.13[a]	50.46±0.26[a]	50.43±0.09[ab]	50.08±0.24[a]
CV (%)	1.66	1.79	0.55	1.27

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 24 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อค่า a* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	Color a*			
	Days after storage			
	A. flavus		*P. citrinum*	
	0[1/]	7[1/]	0[1/]	7[1/]
Control	8.98±0.30[b]	8.61±0.45[b]	7.51±0.28[c]	7.32±0.18[c]
Ozonated water 200 mg/h	9.42±0.10[a]	9.13±0.07[a]	9.34±0.11[a]	9.23±0.07[a]
Citronella oil	9.24±0.13[ab]	9.17±0.12[a]	9.28±0.04[ab]	9.16±0.11[a]
Ozonated water + Citronella oil	9.14±0.07[ab]	9.03±0.15[a]	9.10±0.18[b]	8.83±0.23[b]
CV (%)	2.15	3.07	2.22	2.07

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 25 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อค่า b* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	Color b*			
	Days after storage			
	A. flavus		*P. citrinum*	
	0[1/]	7[1/]	0[1/]	7[1/]
Control	13.78±0.10[c]	13.57±0.10[d]	13.65±0.25[d]	13.33±0.40[c]
Ozonated water 200 mg/h	15.14±0.11[a]	14.80±0.20[a]	14.71±0.39[a]	14.34±0.50[ab]
Citronella oil	15.04±0.08[a]	14.92±0.10[a]	14.32±0.17[c]	14.01±0.20[b]
Ozonated water + Citronella oil	14.72±0.19[b]	14.30±0.30[c]	14.66±0.07[b]	14.58±0.10[a]
CV (%)	0.97	1.59	1.50	2.65

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตาราง 26 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อค่าความแตกต่างของสีของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	ΔE	
	Days after storage	
	A. flavus	*P. citrinum*
Control	0.54[b]	0.42[bc]
Ozonated water 200 mg/h	2.40[a]	2.15[a]
Citronella oil	0.42[b]	0.59[bc]
Ozonated water + Citronella oil	0.69[b]	1.09[b]
CV (%)	8.59	6.47

หมายเหตุ: 1.[1/] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

2. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

การทดลองที่ 6 ทดสอบประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน

จากผลการทดลองที่ 5 ได้นำผลการศึกษาที่ได้ปรึกษาร่วมกับผู้ประกอบทำให้ได้ข้อสรุปคือ ผู้ประกอบการเลือกการใช้น้ำโอโซนในการล้างดอกงิ้วแห้งเพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ปนเปื้อน เนื่องจากการใช้วิธีการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจะทำให้ผลิตภัณฑ์ดอกงิ้วแห้งมีกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย และมีค่าใช้จ่ายในกระบวนการสูง โดยทำการคัดเลือกดอกงิ้วแห้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันและมีความสม่ำเสมอ ทั้งความกว้าง ความยาว สี ขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นนำดอกงิ้วแห้งมาล้างน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h เป็นระยะเวลา 1 นาที จากนั้นนำลวกที่อุณหภูมิ 95±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และแช่ด้วยน้ำเย็น 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นใช้เครื่องสะเด็ดน้ำดอกงิ้วแห้ง เป็นเวลา 30 วินาที นำไปอบด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที บรรจุลงในถุงทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใส ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ นำมาเก็บรักษาไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 46,530 ลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% ระยะเวลา 120 วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของดอกงิ้วแห้งทุก ๆ 15 วัน ซึ่งได้ทำการบันทึกผลและตรวจคุณภาพของดอกงิ้วแห้งดังนี้

6.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ปริมาณน้ำอิสระในดอกงิ้วแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน จากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำอิสระในดอกงิ้วแห้งภายหลังการล้างน้ำโอโซนกับชุดควบคุม (ไม่ล้าง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนมีปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด เท่ากับ 0.45 ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณน้ำอิสระมากที่สุดเท่ากับ 0.71 ในด้านชนิดของบรรจุภัณฑ์ พบว่า การบรรจุในถุงพลาสติกใสทำให้มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นมากกว่าการบรรจุในถุงชนิดอื่น ๆ โดยในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา พบว่าดอกงิ้วแห้งที่บรรจุในถุงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน มีปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.55 ซึ่งมีค่าเท่ากัน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบมีปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด เท่ากับ 0.54 ในขณะที่ดอกงิ้วแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกใสมีปริมาณน้ำอิสระมากที่สุด เท่ากับ 0.67 (ตาราง 27–28)

6.2 อัตราการดูดน้ำกลับ

อัตราการดูดน้ำกลับของดอกงิ้วแห้งมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน โดยที่ ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนกับชุดควบคุม (ไม่ล้าง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนมีอัตราการดูดน้ำกลับมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.60% ในขณะที่ชุดควบคุมมีอัตราการดูดน้ำกลับ มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 3.71% ในด้านชนิดของบรรจุภัณฑ์ พบว่า การบรรจุดอกงิ้วแห้งในถุงพลาสติกใสทำให้มีอัตราการดูดน้ำกลับน้อยกว่าการบรรจุในถุงชนิดอื่น ๆ ในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา ดอกงิ้วแห้งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วบรรจุในถุงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยด์แบบทึบ มีอัตราการดูดน้ำกลับ มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 4.20–4.23% ในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่ผ่านกระบวนการล้าง) มีอัตราการดูดน้ำกลับน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.97% (ตาราง 29–30)

6.3 จำนวนโคโลนีของเชื้อรา

จำนวนโคโลนีของเชื้อรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน จากการศึกษาพบว่า ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนกับชุดควบคุม (ไม่ล้าง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนจะไม่พบเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 75 วัน แต่จะเริ่มพบตั้งแต่วันที่ 75 ของการเก็บรักษา จำนวนโดยมีโคโลนีของเชื้อราเกิดขึ้น เท่ากับ 0.28×10^5 cfu/g และในวันที่ 120 ของการเก็บรักษามีจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราเกิดขึ้นน้อยที่สุด เท่ากับ 0.44×10^5 cfu/g ในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่ล้าง) มีจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อรามากที่สุดเท่ากับ 5.05×10^5 cfu/g ในด้านบรรจุภัณฑ์พบว่าการบรรจุดอกงิ้วแห้งในถุงพลาสติกใสทำให้มีจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อรามากกว่าการบรรจุในถุงชนิดอื่น ๆ โดยในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา พบว่า การบรรจุดอกงิ้วแห้งด้วยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบมีจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราใกล้เคียงกัน เท่ากับ 2.33×10^5, 2.30×10^5 และ 2.26×10^5 cfu/g ตามลำดับ ในขณะที่การบรรุในถุงพลาสติกใสมีจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราเกิดขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 4.10×10^5 cfu/g (ตาราง 31–32)

6.4 สีของดอกงิ้ว

ค่า L* หรือความสว่าง ถ้าหากค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีสว่าง พบว่า ค่า L*ของดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนมีค่าความสว่างมากกว่าชุดควบคุม และมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา 120 วัน ในวันเริ่มต้น ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนมีค่า L* เท่ากับ 56.83 ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดควบคุม โดยมีค่า

L* เท่ากับ 52.50 และในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา พบว่า หลังจากการล้างน้ำโอโซนและชุดควบคุมมีค่า L* ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 50.02–50.23 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในด้านการบรรจุภัณฑ์พบว่าการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบจะช่วยรักษาคุณภาพสีมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน โดยมีค่า L* เท่ากับ 50.56 รองลงมาคือการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส โดยมีค่า L* ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 50.01–50.10 ในขณะที่การบรรจุในถุงพลาสติกใสมีค่า L* น้อยที่สุด เท่ากับ 49.82 (ตาราง 33–34)

ค่า a* เป็นค่าสีแดง–สีเขียว โดยที่ถ้าหากค่า a เป็นบวก (+) แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดงหรือน้ำตาลคล้ำ แต่ถ้าหากค่า a เป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีเขียว พบว่า ค่า a*ของดอกงิ้วแห้งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนมีค่า a* มากกว่าชุดควบคุม (ไม่ล้าง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา 120 วัน โดยในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา ดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนมีค่า a* มากที่สุดเท่ากับ 10.87 ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่า a* น้อยที่สุด เท่ากับ 10.01 ในด้านบรรจุภัณฑ์พบว่าการบรรจุดอกงิ้วแห้งในถุงพลาสติกใสทำให้มีค่า a* น้อยกว่าการบรรจุในถุงชนิดอื่น ๆ โดยในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา พบว่า การบรรจุดอกงิ้วแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยด์แบบทึบ มีค่า a* ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.47–10.65 ในขณะที่การบรรจุในถุงพลาสติกใสมีค่า a* น้อยที่สุด เท่ากับ 10.11 (ตาราง 35–36)

ค่า b* เป็นค่าสีเหลือง–สีน้ำเงิน หากค่า b* เป็นบวกแสดงว่ามีสีเหลือง หากมีค่า b* เป็นลบแสดงว่ามีสีน้ำเงิน พบว่า ค่า b* ของดอกงิ้วแห้งที่ล้างด้วยน้ำโอโซน และชุดควบคุม (ไม่ล้าง) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน โดยดอกงิ้วที่ล้างน้ำโอโซนมีค่า b* และชุดควบคุม (ไม่ล้าง) มีค่า a* ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 16.04–16.13 ในด้านบรรจุภัณฑ์พบว่าการบรรจุดอกงิ้วแห้งในถุงพลาสติกใสทำให้มีค่า b* น้อยกว่าการบรรจุในถุงชนิดอื่น ๆ โดยในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา พบว่า การบรรจุดอกงิ้วแห้งในถุงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ มีค่า b* ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 16.20–16.45 (ตาราง 37–38)

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) พบว่าค่า ΔE ของดอกงิ้วแห้งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนมีค่า ΔE มากกว่าชุดควบคุม (ไม่ได้ล้าง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา 120 วัน โดยในวันที่ 120 ของการเก็บรักษาดอกงิ้วแห้งที่ล้างน้ำโอโซนมีค่า ΔE มากที่สุดเท่ากับ 7.52 ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่า ΔE น้อยที่สุด เท่ากับ 4.93 ในด้านบรรจุภัณฑ์พบว่าในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา การบรรจุดอกงิ้วแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ พบว่ามีค่า ΔE ใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.98–6.19 (ตาราง 39–40)

6.5 การตรวจสารพิษตกค้างอะฟลาทอกซิน

การตรวจสารพิษตกค้างอะฟลาทอกซินโดยใช้ชุดทดสอบ® โดยทำการชั่งตัวอย่างดอกงิ้วแห้งที่บดละเอียดปริมาณ 10 กรัม ลงในถ้วยที่มีน้ำสกัดตัวอย่าง จากนั้นทำการเขย่า 1 นาที นำกระดาษกรองที่พับไว้เป็นทรงถ้วยใส่ลงไปในถ้วย กดกระดาษให้จุ่มน้ำ วางทิ้งไว้ประมาณ 2–3 นาที แล้วใช้หลอดดูดน้ำตัวอย่างสกัด (น้ำใสที่อยู่เหนือกระดาษกรอง) จำนวน 3 หยด (100 µl) เติมลงในถ้วยเล็กแล้วดูดสารผสมเจือจาง จำนวน 15 หยอด (500 ไมโครลิตร) ผสมให้เข้าจากนั้นจุ่มแผ่นกระดาษทดสอบลงในถ้วยเล็กในแนวตั้ง ทิ้งไว้ 3 นาที แล้วอ่านผลตรวจสอบซึ่งการตรวจสารพิษตกค้างอะฟลาทอกซินจะทำการตรวจในวันที่ 120 ของการเก็บรักษา จากการอ่านค่าของชุดทดสอบดอกงิ้วที่ผ่านการล้างด้วยน้ำโอโซนและชุดควบคุม (ไม่ล้าง) ที่บรรจุในถุงทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ แสดงค่าเป็น Negative (–) บนกระดาษทดสอบ แสดงว่าตัวอย่างที่ตรวจมีอะฟลาทอกซิน น้อยกว่า 20 ppb (ส่วนในพันล้านส่วน) (ส่วนในพันล้านส่วน) (ตาราง 41 และ ภาพ 14)

ตาราง 27 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำอิสระของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

		Water activity (a_w)								
		Days after storage								
		0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Sanitizer	Control	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.68[a]	0.69[a]	0.70[a]	0.71[a]
	Ozonated water	0.34[b]	0.35[b]	0.36[b]	0.37[a]	0.38[b]	0.40[b]	0.40[b]	0.42[b]	0.45[b]
Package	CPB	0.50	0.52	0.54[a]	0.57[a]	0.59[a]	0.60[a]	0.63[a]	0.64[a]	0.67[a]
	COF	0.50	0.50	0.51[b]	0.51[b]	0.51[b]	0.51[b]	0.52[b]	0.54[b]	0.55[b]
	PCF	0.50	0.50	0.51[b]	0.51[b]	0.51[b]	0.51[b]	0.52[b]	0.53[b]	0.55[b]
	OFB	0.50	0.50	0.50[b]	0.50[b]	0.50[b]	0.51[b]	0.52[b]	0.53[b]	0.54[b]
Sanitizer (S)		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Package (P)		ns	ns	*	*	*	*	*	*	*
S*P		*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		2.56	2.48	2.05	1.88	2.44	2.68	2.80	2.56	2.56

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT

2. Clear plastic bag (CPB), Clear one side aluminium foil bag (COF), Partially clear aluminium foil bag (PCF), Opaque aluminium foil bag (OFB)

ตาราง 28 แสดงปริมาณน้ำอิสระของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำอิสระของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	Water activity (a_w)								
	Days after storage								
	0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Con-CPB	0.67[a]	0.67[a]	0.68[a]	0.68[a]	0.68[a]	0.69[a]	0.70[a]	0.71[a]	0.73[a]
Con-COF	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.69[a]	0.69[a]	0.71[a]
Con-PCF	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.68[a]	0.69[a]	0.70[a]
Con-OFB	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.67[a]	0.68[a]	0.69[a]	0.70[a]
OZ-CPB	0.34[b]	0.38[b]	0.45[b]	0.48[b]	0.50[b]	0.51[b]	0.55[b]	0.58[b]	0.61[b]
OZ-COF	0.34[b]	0.34[c]	0.35[c]	0.351[c]	0.36[c]	0.36[c]	0.37[c]	0.38[c]	0.40[c]
OZ-PCF	0.34[b]	0.34[c]	0.34[c]	0.35[c]	0.35[c]	0.35[c]	0.35[c]	0.37[c]	0.39[c]
OZ-OFB	0.34[b]	0.34±[c]	0.34[c]	0.34[c]	0.35[c]	0.35[c]	0.35[c]	0.36[c]	0.39[c]
CV (%)	2.56	2.48	2.05	1.88	2.44	2.68	2.80	2.56	2.56

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT.

2. T1 = Control – Clear plastic bag (Con-CPB)
T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)
T5 = Ozonated water – Clear plastic bag (Con-CPB)
T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)

ตาราง 29 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่ออัตราการดูดน้ำกลับของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

		Rehydration (%)								
		Days after storage								
		0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Sanitizer	Control	4.29[b]	4.28[b]	4.20[a]	4.10[b]	4.02[b]	3.98[b]	3.88[b]	3.81[b]	3.71[b]
	Ozonated water	5.13[a]	5.13[a]	5.07[a]	5.01[a]	4.96[a]	4.83[a]	4.75[a]	4.68[a]	4.60[a]
Package	CPB	4.69[a]	4.67[a]	4.63[b]	4.55[a]	4.46[a]	4.34[b]	4.19[b]	4.07[b]	3.97[b]
	COF	4.72[a]	4.72[a]	4.64[a]	4.55[a]	4.48[a]	4.42[a]	4.33[a]	4.29[a]	4.20[a]
	PCF	4.72[a]	4.71[a]	4.63[a]	4.57[a]	4.51[a]	4.41[a]	4.36[a]	4.29[a]	4.21[a]
	OFB	4.72[a]	4.72[a]	4.63[a]	4.57[a]	4.51[a]	4.45[a]	4.37[a]	4.32[a]	4.23[a]
Sanitizer (S)		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Package (P)		ns	ns	*	ns	ns	*	*	*	*
S*P		*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		1.61	1.02	1.48	2.02	1.35	1.29	1.33	1.58	1.49

1. [1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT

2. Clear plastic bag (CPB), Clear one side aluminium foil bag (COF), Partially clear aluminium foil bag (PCF), Opaque aluminium foil bag (OFB)

ตาราง 30 แสดงอัตราการดูดน้ำกลับของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	Rehydration (%)								
	Days after storage								
	0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Con-CPB	4.27^{b}	4.22^{c}	4.18^{b}	4.09^{b}	4.00^{b}	3.98^{c}	3.79^{d}	3.66^{d}	3.57^{d}
Con-COF	4.32±^{b}	4.32±^{b}	4.23^{b}	4.09^{b}	4.01^{b}	3.96^{c}	3.90^{c}	3.87^{c}	3.79^{c}
Con-PCF	4.30^{b}	4.29^{bc}	4.19^{b}	4.12^{b}	4.04^{b}	3.97^{c}	3.91^{c}	3.82^{c}	3.73^{c}
Con-OFB	4.29^{b}	4.29^{bc}	4.20^{b}	4.13^{b}	4.05^{b}	4.00^{c}	3.93^{c}	3.88^{c}	3.77^{c}
OZ-CPB	5.12^{a}	5.11^{a}	5.07^{a}	5.01^{a}	4.93^{a}	4.70^{b}	4.59^{b}	4.48^{b}	4.37^{b}
OZ-COF	5.12^{a}	5.11^{a}	5.05^{a}	5.00^{a}	4.96^{a}	4.87^{a}	4.77^{a}	4.71^{a}	4.62^{a}
OZ-PCF	5.13^{a}	5.13^{a}	5.07^{a}	5.02^{a}	4.97^{a}	4.86^{a}	4.81^{a}	4.75^{a}	4.69^{a}
OZ-OFB	5.15^{a}	5.15^{a}	5.07^{a}	5.01^{a}	4.98^{a}	4.93^{a}	4.82^{a}	4.76^{a}	4.70^{a}
CV (%)	1.61	1.02	1.49	2.02	1.35	1.29	1.33	1.58	1.49

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT.

2. T1 = Control – Clear plastic bag (Con-CPB)
T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)
T5 = Ozonated water – Clear plastic bag (Con-CPB)
T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)

ตาราง 31 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราในดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

		Total viable plate count (cfu/g) (10^5)								
		Days after storage								
		0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Sanitizer	Control	3.02[a]	3.35[a]	3.63[a]	3.80[a]	4.04[a]	4.42[a]	4.70[a]	4.91[a]	5.05[a]
	Ozonated water	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.28[b]	0.33[b]	0.37[b]	0.44[b]
Package	CPB	1.51	1.84[a]	2.13[a]	2.22[a]	2.43[a]	3.37[a]	3.67[a]	3.88[a]	4.10[a]
	COF	1.51	1.65[b]	1.73[b]	1.86[b]	1.92[b]	2.03[b]	2.14[b]	2.26[b]	2.33[b]
	PCF	1.51	1.61[b]	1.70[b]	1.81[bc]	1.88[b]	2.03[b]	2.13[b]	2.23[b]	2.30[b]
	OFB	1.51	1.60[b]	1.70[b]	1.73[c]	1.86[b]	1.99[b]	2.11[b]	2.18[b]	2.26[b]
Sanitizer (S)		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Package (P)		ns	*	*	*	*	*	*	*	*
S*P		*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		9.47	7.66	7.10	5.00	4.80	6.80	4.23	4.70	5.47

1. [1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT

2. Clear plastic bag (CPB), Clear one side aluminium foil bag (COF), Partially clear aluminium foil bag (PCF), Opaque aluminium foil bag (OFB)

ตาราง 32 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ของเชื้อราในดอกงิ้วแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	Total viable plate count (cfu/g) (10^5)								
	Days after storage								
	0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Con-CPB	3.02[a]	3.68[a]	4.25[a]	4.43[a]	4.87[a]	5.60[a]	6.03[a]	6.30[a]	6.43[a]
Con-COF	3.02[a]	3.33[b]	3.40[b]	3.45[b]	3.75[b]	3.98[b]	4.25[b]	4.52[b]	4.65[b]
Con-PCF	3.02[a]	3.30[b]	3.47[b]	3.62[bc]	3.72[b]	4.05[b]	4.22[b]	4.35[b]	4.52[b]
Con-OFB	3.02[a]	3.20[b]	3.40[b]	3.71[c]	3.83[b]	4.05[b]	4.28[b]	4.51[b]	4.58[b]
OZ-CPB	0.00[b]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[d]	0.00[c]	1.13[c]	1.30[c]	1.47[c]	1.75[c]
OZ-COF	0.00[b]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[d]	0.00[c]	0.00[d]	0.00[d]	0.00[d]	0.00[d]
OZ-PCF	0.00[b]	0.00[c]	0.00[c]	0.00[d]	0.00[c]	0.00[d]	0.00[d]	0.00[d]	0.00[d]
OZ-OFB	0.00	0.00[c]	0.00[c]	0.00[d]	0.00[c]	0.00[d]	0.00[d]	0.00[d]	0.00[d]
CV (%)	9.47	7.66	7.10	5.00	4.80	6.80	4.23	4.70	5.47

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT.

2. T1 = Control – Clear plastic bag (Con-CPB)
T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)
T5 = Ozonated water – Clear plastic bag (Con-CPB)
T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)

ตาราง 33 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า L* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

		Color L*								
		Days after storage								
		0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1]	105[1/]	120[1/]
Sanitizer	Control	52.50^{b}	52.28^{b}	52.21^{b}	51.50^{b}	50.88^{b}	50.46^{a}	50.27	50.22	50.02
	Ozonated water	56.83^{a}	53.84^{a}	52.91^{a}	52.48^{a}	51.86^{a}	51.01^{b}	50.46	50.37	50.23
Package	CPB	54.68^{a}	51.19^{d}	50.92^{c}	50.73^{b}	50.58^{b}	50.40^{b}	50.00	49.94	49.82^{c}
	COF	54.68^{a}	53.21^{c}	52.42^{b}	51.98^{a}	51.23^{ab}	50.39^{b}	50.25	50.14	50.01^{b}
	PCF	54.68^{a}	53.29^{b}	52.92^{ab}	52.72^{a}	51.67^{ab}	50.58^{b}	50.26	50.27	50.10^{b}
	OFB	54.68^{a}	54.54^{a}	53.98^{a}	52.52^{a}	52.12^{a}	51.59a	50.95	50.82	50.56^{a}
Sanitizer (S)		*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns
Package (P)		ns	*	*	*	*	*	ns	ns	*
S*P		*	*	*	*	*	*	ns	ns	*
CV (%)		1.97	0.81	1.34	1.72	1.68	1.14	2.06	1.46	0.56

1. [1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT

2. Clear plastic bag (CPB), Clear one side aluminium foil bag (COF), Partially clear aluminium foil bag (PCF), Opaque aluminium foil bag (OFB)

ตาราง 34 แสดงผลของการล้างด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า L* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2 % เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	Color L*								
	Days after storage								
	0[1/]	15[1/]	3[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Con-CPB	52.53^{b}	50.92^{e}	50.74^{c}	50.51^{d}	50.33^{c}	50.25^{b}	49.95	49.89	49.73^{e}
Con-COF	52.53^{b}	52.47^{cd}	52.43^{b}	51.62^{bcd}	51.28^{bc}	50.31^{b}	50.23	50.08	49.99^{cd}
Con-PCF	52.53^{b}	52.41^{cd}	52.09^{b}	51.92^{abcd}	50.59^{c}	50.17^{b}	50.14	50.19	50.10^{bc}
Con-OFB	52.53^{b}	53.30^{bc}	53.62^{a}	51.96^{abcd}	51.31^{bc}	51.16^{ab}	50.84	50.72	50.24^{b}
OZ-CPB	56.83^{a}	51.45^{de}	51.10^{c}	50.96^{cd}	50.84^{c}	50.55^{b}	50.05	50.00	49.90^{d}
OZ-COF	56.83^{a}	53.96^{b}	52.42^{b}	52.35^{abc}	51.19^{bc}	50.48^{b}	50.28	50.20	50.03^{cd}
OZ-PCF	56.83^{a}	54.17^{b}	53.76^{a}	53.53^{a}	52.49^{ab}	51.01^{ab}	50.46	50.35	50.20^{b}
OZ-OFB	56.83^{a}	55.78^{a}	54.35^{a}	51.08^{ab}	52.93^{a}	52.02^{a}	51.05	50.93	50.88^{a}
CV (%)	1.60	1.13	1.06	1.72	1.68	1.14	2.06	1.46	0.56

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT.

2. T1 = Control – Clear plastic bag (Con-CPB)
T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)
T5 = Ozonated water – Clear plastic bag (Con-CPB)
T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)

ตาราง 35 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า a* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

		Color a*								
		Days after storage								
		0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Sanitizer	Control	9.29[a]	8.99[b]	9.11[b]	9.26[b]	9.44[b]	9.72[b]	9.79[b]	9.91[b]	10.01[b]
	Ozonated water	8.87[b]	9.55[b]	9.70[a]	9.97[a]	10.09[a]	10.31[a]	10.45[a]	10.63a	10.87[a]
Package	CPB	9.08	9.14	9.22	9.35	9.43[b]	9.73[b]	9.90[c]	9.94[b]	10.11[b]
	COF	9.08	9.22	9.44	9.63	9.82[a]	10.06[ab]	10.17[ab]	10.27[ab]	10.47[a]
	PCF	9.08	9.33	9.47	9.66	9.84[a]	10.03[ab]	10.11[b]	10.37[ab]	10.53[a]
	OFB	9.08	9.40	9.52	9.85	9.99[a]	10.22[a]	10.31[a]	10.47[a]	10.65[a]
Sanitizer (S)		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Package (P)		ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*
S*P		*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		1.83	4.44	4.79	5.24	2.99	3.27	1.24	3.45	2.24

1. [1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT

2. Clear plastic bag (CPB), Clear one side aluminium foil bag (COF), Partially clear aluminium foil bag (PCF), Opaque aluminium foil bag (OFB)

ตาราง 36 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า a* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	Color a*								
	Days after storage								
	0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Con-CPB	8.87^{b}	8.96^{b}	8.99	9.12^{b}	9.29^{b}	9.54^{d}	9.59^{e}	9.62^{d}	9.67^{e}
Con-COF	8.87^{b}	9.02^{ab}	9.19	9.24^{b}	9.40^{b}	9.69^{cd}	9.84^{d}	9.90^{d}	10.05^{de}
Con-PCF	8.87^{b}	8.99^{b}	9.11	9.38^{b}	9.52^{b}	9.78^{cd}	9.81^{d}	10.00^{cd}	10.06^{de}
Con-OFB	8.87^{b}	9.03^{ab}	9.18	9.47^{ab}	9.57^{b}	9.86^{bcd}	9.92^{d}	10.11^{bcd}	10.26^{cd}
OZ-CPB	9.29^{a}	9.33^{ab}	9.45	9.57^{ab}	9.72^{b}	9.92^{bcd}	10.22^{c}	10.26^{abcd}	10.56^{bc}
OZ-COF	9.29^{a}	9.42^{ab}	9.68	10.02^{ab}	10.23^{a}	10.44^{ab}	10.50^{ab}	10.64^{abc}	10.90^{ab}
OZ-PCF	9.29^{a}	9.70^{ab}	9.82	10.09^{ab}	10.16^{a}	10.28^{abc}	10.39^{bc}	10.74^{ab}	11.01^{a}
OZ-OFB	9.29^{a}	9.77^{a}	9.86	10.23^{a}	10.40^{a}	10.59^{a}	10.69^{a}	10.84^{a}	11.03^{a}
CV (%)	1.83	4.44	4.79	5.42	2.99	3.27	1.24	3.45	2.24

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT.

2. T1 = Control – Clear plastic bag (Con-CPB)
T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)
T5 = Ozonated water – Clear plastic bag (Con-CPB)
T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)

ตาราง 37 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า b* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

		Color b*								
		Days after storage								
		0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1]	105[1/]	120[1/]
Sanitizer	Control	12.05	12.92	13.50	14.85	15.23	15.42	15.58	15.79	16.13[a]
	Ozonated water	13.47	14.19	14.60	15.16	15.24	15.50	15.81	16.07	16.04[a]
Package	CPB	12.67	13.49	13.97	14.73	14.65	14.91	15.22	15.28	15.41[b]
	COF	12.67	13.57	13.88	14.96	15.09	15.41	15.67	16.06	16.20[a]
	PCF	12.67	13.49	14.06	15.01	15.32	15.73	15.91	16.12	16.28[a]
	OFB	12.67	13.61	14.27	15.33	15.37	15.79	15.97	16.26	16.45[a]
Sanitizer (S)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Package (P)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
S*P		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)		14.99	7.03	5.10	4.84	9.79	5.04	5.97	5.25	3.05

1. [1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT

2. Clear plastic bag (CPB), Clear one side aluminium foil bag (COF), Partially clear aluminium foil bag (PCF), Opaque aluminium foil bag (OFB)

ตาราง 38 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่า b* ของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	Color b*								
	Days after storage								
	0[1/]	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Con-CPB	12.05	13.22	13.64^{bc}	14.42	14.59	14.68	14.77	14.84	15.05^{b}
Con-COF	12.05	12.69	13.04^{c}	14.85	15.12	15.23	15.55	15.96	16.19^{a}
Con-PCF	12.05	12.97	13.92^{abc}	14.80	15.71	15.84	15.95	16.10	16.29^{a}
Con-OFB	12.05	12.83	13.39^{bc}	15.33	15.50	15.92	16.05	16.26	16.64^{a}
OZ-CPB	13.47	13.92	14.31^{abc}	15.03	15.11	15.13	15.67	15.71	15.76^{ab}
OZ-COF	13.47	14.44	14.73^{ab}	15.07	15.26	15.59	15.81	16.16	16.22^{a}
OZ-PCF	13.47	14.01	14.21^{abc}	15.23	15.03	15.62	15.87	16.15	16.27^{a}
OZ-OFB	13.47	14.39	15.15^{a}	15.32	15.56	15.67	15.89	16.26	16.77^{a}
CV (%)	14.99	7.03	5.10	4.84	9.52	5.04	5.97	5.25	3.06

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT.

2. T1 = Control – Clear plastic bag (Con-CPB)
T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)
T5 = Ozonated water – Clear plastic bag (Con-CPB)
T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)

ตาราง 39 แสดงการเปรียบเทียบแบบปัจจัยของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่าความแตกต่างของสีของดอกงิ้วแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

		ΔE							
		Days after storage							
		15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1]	105[1/]	120[1/]
Sanitizer	Control	2.43[b]	2.38[a]	3.28[b]	3.87	4.29[b]	4.50[b]	4.61[b]	4.93[b]
	Ozonated water	4.12[a]	4.77[b]	5.06[a]	5.62	6.54[a]	7.13[a]	7.37[a]	7.52[a]
Package	CPB	4.29	4.44	4.85	4.91	5.18	5.65	5.71	5.98
	COF	2.99	3.51	4.16	4.84	5.74	5.90	6.13	6.38
	PCF	2.92	2.89	3.58	4.90	5.57	6.03	6.20	6.36
	OFB	2.89	3.48	4.10	4.31	5.17	5.70	5.94	6.19
Sanitizer (S)		*	*	*	ns	*	*	*	*
Package (P)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S*P		*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		21.02	20.88	22.00	22.83	18.23	17.57	14.26	14.29

1. [1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT

2. Clear plastic bag (CPB), Clear one side aluminium foil bag (COF), Partially clear aluminium foil bag (PCF), Opaque aluminium foil bag (OFB)

ตาราง 40 แสดงผลของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนและชนิดของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อค่าความแตกต่างของสีของดอกงิ้วแห้งที่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	ΔE							
	Days after storage							
	15[1/]	30[1/]	45[1/]	60[1/]	75[1/]	90[1/]	105[1/]	120[1/]
Con-CPB	2.89[b]	2.67[bc]	3.39	3.48	4.60	3.89	3.98[b]	4.27[b]
Con-COF	2.10[b]	1.88[c]	3.23	3.49	4.44	4.56	4.75[ab]	5.02[ab]
Con-PCF	2.08[b]	1.98[c]	3.08	4.54	4.60	4.98	4.88[ab]	5.09[ab]
Con-OFB	2.65[b]	2.99[bc]	3.43	3.97	4.53	4.58	4.83[ab]	5.35[ab]
OZ-CPB	5.69[a]	6.21[a]	6.32	6.36	6.77	7.40	7.43[a]	7.69[ab]
OZ-COF	3.88[ab]	5.13[ab]	5.09	6.19	7.04	7.23	7.51[a]	7.74[a]
OZ-PCF	3.71[ab]	3.79[abc]	4.10	5.27	6.54	7.08	7.51[a]	7.63[ab]
OZ-OFB	3.19[ab]	3.96[abc]	4.75	4.65	5.81	6.82	7.04[ab]	7.03[ab]
CV (%)	21.02	20.88	22.00	22.83	18.23	17.57	14.26	14.29

1.[1/] Means within a column followed by the different letters are significantly different (P<0.05) by DMRT.

2. T1 = Control – Clear plastic bag (Con-CPB)
   T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
   T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
   T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)
   T5 = Ozonated water – Clear plastic bag (Con-CPB)
   T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con-COF)
   T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con-PCF)
   T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con-OFB)

ตาราง 41 ผลการตรวจสารอะฟลาทอกซินโดยชุดทดสอบในดอกงิ้วแห้งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนและบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

Treatment	Aflatoxin
Con–CPB	Negative
Con–COF	Negative
Con–PCF	Negative
Con–OFB	Negative
OZ–CPB	Negative
OZ–COF	Negative
OZ–PCF	Negative
OZ–OFB	Negative

หมายเหตุ: 1. T1 = Control – Clear plastic bag (CPB)

T2 = Control – Clear one side aluminium foil bag (Con–COF)

T3 = Control – Partially clear aluminium foil bag (Con–PCF)

T4 = Control – Opaque aluminium foil bag (Con–OFB)

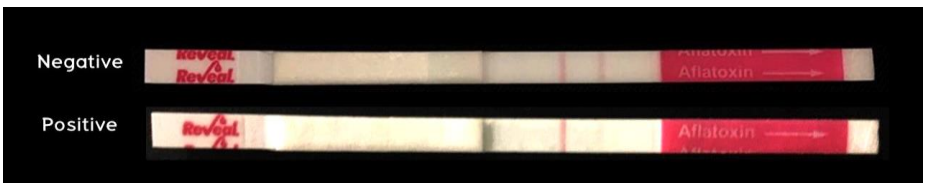
T5 = Ozonated – Clear plastic bag (CPB)

T6 = Ozonated – Clear one side aluminium foil bag (Con–COF)

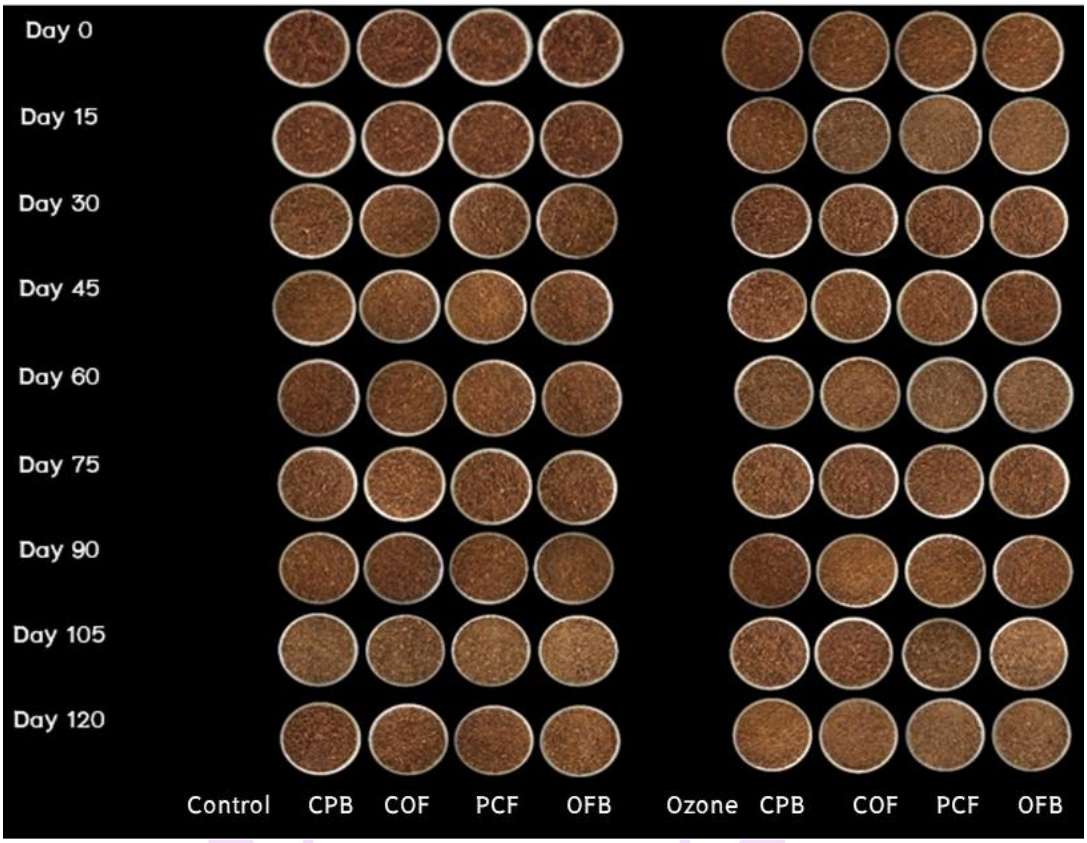
T7 = Ozonated – Partially clear aluminium foil bag (Con–PCF)

T8 = Ozonated – Opaque aluminium foil bag (Con–OFB)

2. ผล Negative มีแถบสีขึ้น 2 เส้น แสดงว่าตัวอย่างที่ตรวจมีอะฟลาทอซินน้อยกว่า 20 ppb (ส่วนในพันล้านส่วน)
3. ผล Positive มีแถบสีขึ้น 1 เส้น แสดงว่าตัวอย่างที่ตรวจมีอะฟลาทอกซินมากกว่า 20 ppb (ส่วนในพันล้านส่วน)



ภาพ 14 แสดงผลการทดสอบตัวอย่างอะฟลาทอกซิน



ภาพ 15 แสดงลักษณะของดอกงิ้วแห้งในถุงบรรจุภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% เป็นเวลา 120 วัน

หมายเหตุ: 1 = Clear plastic bag (CPB)

2 = Clear one side aluminium foil bag (COF)

3 = Partially clear aluminium foil bag (PCF)

4 = Opaque aluminium foil bag (OFB)

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เก็บและรวบรวมจำหน่ายดอกงิ้วแห้งพบว่าปัญหาที่สำคัญของดอกงิ้วแห้งคือ เมื่อทำการเก็บรักษาดอกงิ้วแห้งไว้เป็นเวลานานขึ้นมักจะเกิดเชื้อราความชื้น และการเปลี่ยนแปลงของสีดอกงิ้วแห้ง โดยมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ส่งผลทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2. การศึกษาเชื้อราในดอกงิ้วแห้งพบว่าเชื้อราสาเหตุที่พบมากที่สุดหรือปนเปื้อนมากที่สุด คือ *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum*

3. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า น้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h สามารถลดการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอก และ มีความยาวของ germ tube น้อยที่สุด เท่ากับ 19.20±2.28%, 23.20±6.42%, 19.43±1.67 µm และ 40.70±2.89 µm ตามลำดับ สำหรับการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h สามารถลดการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P.citrinum* ที่มีความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตรได้ โดยมีจำนวนโคโลนีของเชื้อราทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ $0.28\pm0.05\times10^6$ และ $0.38\pm0.03\times10^6$ cfu/g

4. การศึกษาประสิทธิภาพของการรมด้วยไอน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดสมุนไพร ชนิด 7 ชนิด ได้แก่ กานพลู กะเพรา อบเชย ยูคาลิปตัส โหระพา สะระแหน่ และตะไคร้หอมต่อการยับยั้งเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรขึ้นไปต่อจานทดลอง (ขนาด 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร) สามารถสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100% และระยะเวลาในการรมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ที่ปลูกถ่ายเชื้อในดอกงิ้วแห้งที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร พบว่า การรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมงขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100%

5. การศึกษาการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า การรมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมระดับความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร เป็นระยะเวลานาน 96 ชั่วโมงร่วมกับการล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ*P. citrinum* ได้

6. การทดสอบประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* และคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน พบว่า การล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h ร่วมกับการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบช่วยรักษาคุณภาพของดอกงิ้วแห้งได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน

อภิปรายผลการวิจัย

1. ศึกษาจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้ง

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เก็บและรวบรวมดอกงิ้วพบว่าจะเก็บดอกงิ้วแห้งที่ร่วงหล่นใต้ต้นในช่วงเช้า คัดเลือกดอกที่ยังสด สีสวยงาม แยกกับดอกงิ้วที่เหี่ยวและแห้ง จากนั้นดึงเอากลีบดอกและเกสรตัวเมียออก นำไปตากบนกระด้ง โดยเกษตรกรจะฉีกก้านเกสรตัวผู้ให้เป็นสองส่วนและไม่ฉีกก้านเกสรตัวผู้ โดยการฉีกก้านเกสรตัวผู้จะใช้ระยะเวลาในการตากน้อยกว่าใดยใช้เวลา 3-4 วัน ขณะที่ดอกงิ้วที่ไม่ฉีกก้านเกสรตัวผู้จะใช้ระยะเวลาในการตาก 4-5 วัน ซึ่งการตากแห้งเพื่อลดความชื้น ลดน้ำหนัก ให้มีน้ำหนักเบาขึ้น เป็นการกำจัดน้ำที่อยู่ในผลิตผลทางการเกษตรออกโดยการระเหย ซึ่งมีเป้าหมายหลักคือเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ในกระบวนการก่อนทำแห้งนั้น จะต้องมีการเตรียมวัตถุดิบก่อน เช่น การหั่น การตัด การฉีกให้วัตถุดิบมีขนาดเล็ก หรือการลวก เป็นต้น (Lewicki, P.Piotr, 2006) เนื่องจากการเตรียมวัตถุให้มีขนาดเล็กลงทำให้ปริมาณน้ำในตัววัตถุดิบนั้นน้อยลงส่งผลให้กระบวนการทำแห้งเร็วขึ้น อีกทั้งยังช่วยรักษาสี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังหากกระบวนทำแห้งใช้เวลานานขึ้นยังส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่พบได้ในอากาศ โดยในขั้นตอนนี้หากดำเนินการได้เร็วและสามารถตากให้ดอกงิ้วแห้งสนิทจะส่งผลทำให้คุณภาพของดอกงิ้วแห้งมีเชื้อราน้อยและช่วยรักษาสีของดอกงิ้วได้

2. ศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้ง

การศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในดอกงิ้วแห้งโดยการเก็บตัวอย่างดอกงิ้วแห้งจาก 6 จังหวัด ทางภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง และเชียงใหม่ ที่เกิดเชื้อรามาแยกเชื้อสาเหตุ โดยพบว่าเชื้อราสกุล *Aspergillus* sp. และ *Pennicilium* sp. ถูกพบมากที่สุดหรือปนเปื้อนมากที่สุดในกระบวนการแยกราในดอกงิ้วแห้ง การปนเปื้อนเชื้อราสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดกระบวนการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวโดยเชื้อราเหล่านี้สามารถเข้าทำลายตั้งแต่ กระบวนการผลิต, กระบวนการเก็บเกี่ยว, กระบวนการเก็บรักษา และกระบวนการขนส่ง เมื่อนำเชื้อราที่แยกได้มาบ่งบอกชนิดโดยใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยา เพื่อหาลำดับเบสและเทียบความคล้ายของเชื้อราในฐานข้อมูล GenBank สามารถบ่งชนิดของเชื้อราได้คือ *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum* ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย รัตตา สุทธยาคม และ อมรา ชินภูติ, (2550) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการลดการปนเปื้อนเชื้อรา และสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง และพริกป่น พบว่าร้อยละ 100 พบเชื้อ *Aspergillus flavus* ในพริกแห้งมีมากกว่าพริกป่น และ Kasa R.N.Reddy, Farhana Nazira, and Salleh Baharuddin, (2011) ได้ทำการศึกษา เรื่องการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. และอะฟลาทอกซินในอาหาร โดยเก็บตัวอย่าง ถั่ว เมล็ดพืชที่ให้ น้ำมัน และเครื่องเทศ จากตลาดสด เมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย แล้วนำมาตรวจหาเชื้อรา *Aspergillus* spp. พบเชื้อรา *Aspergillus flavus* มากที่สุด และตรวจหาอะฟลาทอกซินชนิด B1 ใน ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค ELISA พบว่าอาหารกลุ่มที่ตรวจพบปริมาณอะฟลาทอกซินมากที่สุดคือ ผลิตภัณฑ์จากถั่ว แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายที่ประเทศมาเลเซียกำหนด (35 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) และยังสอดคล้องกับ หฤทัย ไทยสุชาติ และ พรอนันต์ บุญก่อน, (2557) ที่ได้ทำการศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในกระเทียมพบว่าเชื้อราสาเหตุที่พบมากที่สุดหลังการเก็บเกี่ยวของกระเทียม ได้แก่ *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.* และ *Penicillium sp.*

3. ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicillium citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า น้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ โดยน้ำโอโซนมีคุณสมบัติทำลายสารพิษ หรือสารชีวพิษ สามารถใช้เป็นสารออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ ลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ กำจัดสีหรือฟอกสีให้มีความสว่าง ขาว มากขึ้น อีกทั้งน้ำโอโซนมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (ปิยะวิทย์ ทิพรส, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) โดยน้ำโอโซนจะเข้าทำลายโมเลกุล และ ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่อยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ (Hunt, N. K. and Marinas, B.J., 1999;

Mondal, M. and Khalequezzman, M., 2010) หรืออนุมูลตัวกลางอิสระ (free radical-mediated) เป็นตัวเข้าทำลายทำให้เซลล์โป่งพองและแตก และโอโซนจะเข้าทำลายระบบหายใจ (respiratory system) ของเซลล์จุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์หยุดการเจริญเติบโต (สิริพร สุธนเสาวภาคย์, 2543; กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และจำนง อุทัยบุตรม 2547) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เทิดพันธ์ ธรรมรัตนพงษ์ และคณะ, (2559) ที่ได้ทำการศึกษา การจำแนกเชื้อรา *Embellisia allii* สาเหตุโรคเปื้อนดำของกระเทียมที่นำเข้าจากสาธารณรัฐประชาชนจีน และการควบคุมด้วยน้ำโอโซน โดยการแช่สปอร์เชื้อรา *Embellisia allii* น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 1 mg/h เป็นเวลา 30, 45 และ 60 นาที หลังบ่มเชื้อไว้ 24 ชั่วโมง พบการ งอกของสปอร์เชื้อรา *E. allii* เท่ากับ 0.75, 0 และ 0% ตามลำดับ ขณะที่การแช่หัวกระเทียม ลงในน้ำโอโซนเป็นเวลา 30 45 และ 60 นาที พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดโรคเปื้อนดำได้ถึง 100% รวมถึงรายงานของ Zorlugenc Bulent et al., (2008) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนและน้ำโอโซนต่อเชื้อจุลินทรีย์และสารพิษอะฟลาทอกซินในมะเดื่อแห้ง พบว่าการใช้น้ำโซนที่ความเข้มข้น 1.7 mgL^{-1} เป็นระยะเวลา 15 นาที สามารถทำลายเชื้อราได้ และเชื้อราสาเหตุที่แยกได้จากมะเดื่อแห้ง คือ *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุของการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซิน บี1 การใช้ก๊าซโอโซนและน้ำโอโซนเป็นเวลา 30, 60 และ 180 นาที ตามลำดับ พบว่า การสลายตัวของสารอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นเนื่องจากเวลาการใช้โอโซนที่เพิ่มขึ้น และการใช้ก๊าซโอโซนมีประสิทธิภาพในการลดสารอะฟลาทอกซินมากกว่าน้ำโอโซน ในขณะที่การใช้น้ำโอโซนมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์

4. ศึกษาประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิด 7 ชนิด

การศึกษาประสิทธิภาพของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรชนิด 7 ชนิด คือ น้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้หอม ยูคาลิปตัส อบเชย กะเพรา โหระพา และสะระแหน่ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 50, 100 และ 200 ไมโครลิตร ต่อการยับยั้งเชื้อราจากดอกงิ้วแห้ง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมให้ผลดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100% รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100% และ 82.78% ตามลำดับ และระยะเวลาในการรมดอกงิ้วแห้งที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* เป็นระยะเวลานาน 96 ชั่วโมงขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และ *P. citrinum* ได้ 100 % ซึ่งมีผลสอดคล้องกับรายงานสมสุดา และคณะ, (2558) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus tubingenesis* และ *Penicillium steckii* ในระดับ

ห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมเชื้อรา *A. tubingenesis* และ *P. steckii* ได้ 100% ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 10 ไมโครลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากโหระพา โดยที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tubingenesis* และ *P. steckii* ได้ 100% เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมมีสารประกอบหลายชนิด ได้แก่ geraniol 57.6–61.1%, citronellal 7.7–14.2%, eugenol, camphor, methyl eugenol โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ geraniol (สรรพคุณสมุนไพร, 2554) ซึ่งน้ำมันหอมระเหยเป็นสารที่สามารถผ่านเข้าสู่ผนังเซลล์ และ cytoplasmic membrane อีกทั้งยังทำลายชั้นโครงสร้างของ polysaccharides กรดไขมัน phospholipids และ cell membrane เกิดปฏิกิริยาการยอมให้ผ่าน (permeabilize) ของสาร ทำให้เกิดความเป็นพิษสร้างความเสียหายแก่ผนังเซลล์เกิดการยอมให้ผ่านของเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการสูญเสียไอออน ศักยภาพการทำงานของผนังเซลล์ลดลง เกิดการล่มสลายของปั๊มโปรตอน และเกิดการสูญเสียพลังงาน ATP (ภัสจนันท์ หิรัญ, อรพิน เกิดชูชื่น, และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553) ทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อราผิดปกติ การเจริญเติบโตและการสร้างสปอร์ช้าลงส่งผลให้เชื้อราตาย (Vercesi et al., 1997)

5. ศึกษาการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* ในดอกงิ้วแห้งระดับห้องปฏิบัติการ

การศึกษาการล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/h ร่วมกับรมด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมพบว่า ปริมาณน้ำอิสระ จำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อรา และค่าสี L* a* b* ให้ผลดีที่สุด โดยมีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด อยู่ในช่วง 0.39–0.41 เนื่องจากกรรมวิธีหลังการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนเป็นเวลา 1 นาที แล้วนำมาลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ร่วมกับแช่น้ำเย็น 5 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้เครื่องสะเด็ดน้ำดอกงิ้วแห้ง เป็นเวลา 30 วินาที นำไปอบด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที จึงส่งผลให้ดอกงิ้วแห้งมีปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด อีกทั้งการลวกวัตถุดิบและแช่ในน้ำเย็นก่อนนำไปอบแห้งช่วยรักษาคุณภาพสีเนื่องจากการลวกจะทำลายเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย เช่น เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล อีกทั้งยังช่วยลดเวลาในการอบแห้ง และปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร และยังเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถ

เจริญเติบโตได้ที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2556) อีกทั้งน้ำโอโซนสามารถการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ โมเลกุลของโอโซนเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่อยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ (Hunt, N. K. and Marinas, B.J., 1999; Minasa et al., 2010) หรืออนุมูลตัวกลางอิสระ (free radical–mediated) เป็นตัวเข้าทำลายทำให้เซลล์โป่งพองและแตก และโอโซนจะเข้าทำลายระบบหายใจ (respiratory system) ของเซลล์จุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์หยุดการเจริญเติบโต (สิริมา ชินสาร, วิชมณี ยินยงพุทธกาล และ นิสานารถ กระแสร์ชล, 2543; กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และจำนง อุทัยบุตร, 2547) และน้ำโอโซนยังมีคุณสมบัติช่วยกำจัดสีหรือ ฟอกสีให้มีสีที่สว่างมากขึ้น

6. ทดสอบประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* และคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน

การศึกษาประสิทธิภาพของการล้างดอกงิ้วแห้งด้วยน้ำโอโซนร่วมกับบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ ต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum* และคุณภาพของดอกงิ้วแห้งระดับโรงงาน พบว่า การบรรจุภัณฑ์ในถุงพลาสติกมีปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ส่งผลให้จำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อราเพิ่มขึ้นมากกว่าการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใส, ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบหน้าใสบางส่วน และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบทึบ ตลอดการเก็บรักษา 120 วัน และยังช่วยรักษาคุณภาพสีของดอกงิ้วแห้งได้ดีกว่าการบรรจุในถุงพลาสติกใส เนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์มีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ และแสงได้ดี ในขณะที่ถุงพลาสติกใสมีคุณสมบัติ ป้องกันความชื้นได้บางส่วน แต่การป้องกันอากาศซึมผ่านไม่ดี ใช้บรรจุอาหาร ร้อน บรรจุผักและผลไม้ และใช้เป็นซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่สำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมัน เช่น คุกกี้ หรือถั่วทอด เป็นต้น (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสิริมา ชินสาร, วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ นิสานารถ กระแสร์ชล, (2561) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนทอด พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อค่าความแตกเปราะ, ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้, ค่าเปอร์ออกไซด์ และคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ขนุนทอด โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มของค่าความแตกเปราะ และค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าอุณหภูมิอื่น ๆ ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง

2 ชนิด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้สูงที่สุดตลอดการทดลอง ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ขนุนทอดกรอบที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตได้รับคะแนนความชอบ โดยรวมสูงสุดในระดับชอบปานกลางเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน รวมถึงรายงานของ จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม และ สนอง อมฤกษ์, (2561) ที่ได้ทำการศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์(ถุงพอลิโพรพิลีน, ถุงสุญญากาศ และถุงอลูมิเนียมฟอยล์) และสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง(อุณหภูมิห้อง 25–30 องศาเซลเซียส และ 4–8 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง พบว่า เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องมีความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่มีค่าสี L*, a*, b* ลดลง (สีเข้มขึ้น) โดยเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ มีค่าสี L* (ความสว่าง) มากกว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนและถุงสุญญากาศ ($p<0.05$) สำหรับเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4–8 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 เดือน มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าสี a* และ b* ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ($p>0.05$) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บที่อุณหภูมิห้องและ 4–8 องศาเซลเซียส ตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มกษ. 8–2549 เนื้อลำไยสดอบแห้ง) ส่วนด้านการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า เนื้อลิ้นจี่อบแห้งมีคะแนนลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยเนื้อลิ้นจี่อบแห้งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีคะแนนการยอมรับมากกว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการคัดคุณภาพของดอกงิ้วแห้งที่มีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งความกว้าง ความยาว และสี ในทุกครั้งก่อนรับซื้อหรือจำหน่าย ควรแยกถุงบรรจุดอกงิ้วแห้งในแต่ละครั้ง หากนำมารวมกัน จะส่งผลให้ดอกงิ้วเกิดการปนเปื้อนเชื้อราได้

2. กรรมวิธีการล้างดอกงิ้วแห้งควรใช้เวลาในการล้างไม่เกิน 5 นาที จากนั้นควรรีบสลัดน้ำจากดอกงิ้วแห้งออก หากใช้เวลาในการล้างนานเกินไปจะทำให้ดอกงิ้วแห้งเกิดการพองตัวส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้นและคุณภาพของสีลดลง (สีคล้ำดำ)

3. การบรรจุภัณฑ์ดอกงิ้วแห้งควรบรรจุในถุงที่ปิดสนิท ป้องกันความชื้น การซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ และแสงได้ดี จะช่วยทำให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของดอกงิ้วแห้งได้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2545). **คู่มือสมุนไพร และเครื่องเทศ ชุดที่ 3 พืชสมุนไพรน้ำมันหอมระเหย (Essential oil)**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และจำนง อุทัยบุตร. (2547). **การใช้โอโซนร่วมกับกรดอินทรีย์บางชนิดเพื่อทดแทนการรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการควบคุมโรคลำไย**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 93 หน้า.

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ. (2557). **มารู้จักต้นงิ้วกันเถอะ**. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2560, จาก http://surat.police7.go.th/pdf/bombax.pdf.

ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์, กฤติยา เลี่ยวชวลิต, เสริมสิริ วิจัยวรกิจ, และ ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์. (2547). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการล้างผักด้วยสารไตรโซเดียมฟอสเฟต คลอรีน และการใช้โอโซน. **วิทยาศาสตร์การเกษตร**, 33(6), 225–228.

จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม และ สนอง อมฤกษ์. (2561). การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง. **วิทยาศาสตร์การเกษตร**, 49, 617–621.

จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ. ไม่ระบุปีที่ตีพิมพ์. **น้ำมันหอมระเหย**. สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2561, จาก http://thongphaphum.kanchanaburi.doa.

ฉันทวรรณ ต้นประสงค์ และ สุรางค์ สุธิราวุธ. (2550). ผลของการใช้น้ำโอโซนลดปริมาณแบคทีเรียในผักสลัดพร้อมบริโภค. **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 39**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 110–116.

ชญานิษฐ คงเดชศักดา. (2558). **ภัยอาหารแห้ง**. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2560, จาก https://www.dailynews.co.th/article/355499.

ฐิตารีย์ ชุติพงษ์วิเวท กนกวรรณ ธุปพนม และ ศรันยา เพ่งผล. (2559). **ผลของการล้างด้วยน้ำโอโซนและน้ำเย็นต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตพืช) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2553). **เครื่องยา**. สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2561, จาก http://www.thaicrudedrug.com/main.php.

ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2557). **งิ้ว**. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2560, จาก

www.fio.co.th/p/magazine_fio/files/5503.pdf.

ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2554). **งิ้ว**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560, จากhttp://www.qsbg.org/Database/plantdb/mdp/medicinal-specimen.asp?id=455.

ดวงฤทัย ธำรงโชติ. (2550). **เทคโนโลยีภาชนะบรรจุ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ดุสิตา ถิระวัฒน์, นาถตยา ชื่นเจริญ, และปวีณา สุนทราการ. (2557). ผลของน้ำโอโซนต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาของผักชี. **วิทยาศาสตร์การเกษตร**, 45, 57-60.

เทิดพันธ์ ธรรมรัตนพงษ์ และคณะ. (2559). การจำแนกเชื้อรา *Embellisia allii* ที่นำเข้าจากสาธารณรัฐประชาชนจีนและการควบคุมด้วยน้ำโอโซน. **วิชาการเกษตร**, 34(3), 230-243.

ปกรณ์ แสนจิตต์, ชัชวาล มงคล, สุธี ประจงค์ศักดิ์ และ สายฝน เสกขุนทด. (2562). การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาข้างเหลืองแห้งด้วยน้ำโอโซน. **วิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์**, 14(2), 78-87.

ปทุม อรุณวัชรินทร์, อาภากร สุภาพิพัฒน และ จิตศิริ ราชตนะพันธ์. (2550). การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียของน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรไทย. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ หน้า 828-835.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). **บรรจุภัณฑ์อาหาร**, พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์หยี่เฮง, กรุงเทพฯ.

พิชญดา ฉายแสง. (2552). **การผลิตและการเสริมสร้างมูลค่าของน้ำมันหอมระเหยจากเศษเหลือไม้เทพทาโร**. วิทยานิพนธ์ วท.ม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ,

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2550). **การทำแห้ง**. สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/dehydration.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2555ก). **Cabinet drier ตู้อบแห้ง**. สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0594/cabinet-drier.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2555ข). **Spray drier เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย**. สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก

http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0971/spray-drier.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2555ค). **Drum drier เครื่องอบแบบลูกกลิ้ง**. สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0659/drum-drier.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2555ง). **Freeze drier เครื่องทำแห้งแบบระเหิด**. สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0872/freeze-drier.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2559). **โอโซน**. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2563, http://www.foodnetworksolution.com/ozone.

ภัสจนันท์ หิรัญ, อรพิน เกิดชูชื่น, และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. (2553). การยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* spp. โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลู และอบเชย. **วิทยาศาสตร์เกษตร**, 41, 21-24.

เพ็ญแข จิรอัสดร, ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์, ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์, วรพจน์ สุนทรสุข และภัณฑิรา เกตุแก้ว. (2550). การลดเชื้อปนเปื้อนในพริกขี้หนูสดด้วยโอโซนและคลอรีน. **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 165-172.

รัตตา สุทธยาคม และ อมรา ชินภูติ. (2550). **อะฟลาทอกซิน**. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2563, จาก http://puparn.rid.go.th:8080/pikmas/handle/123456789/15259/browse.

รุ่งอรุณ กันธะปา, เกวลิน คุณาศักดากุล, สุชาดา เวียรศิลป์ และสงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์. (2554). ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยผสมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. **วิทยาศาสตร์เกษตร**, 42(1), 425-428.

วัชรี เสาร์เทพ, อรอุมา เพียซ้าย และ พัชรวิภา ใจจักรคำ. (2560). การจำแนกชนิดของเชื้อรา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. ที่ปนเปื้อนในอาหารผลิตผลทางการเกษตรและดินเพาะปลูกและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน บี1. **วิทยาศาสตร์เกษตร**, 48(1), 127-138.

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. (2548). **พจนานุกรมสมุนไพรไทย**. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, 896 หน้า.

วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. (2560). **จุลินทรีย์ทางการเกษตร**. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. (2556). **Water activity กับการควบคุมอายุ**

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2563 จาก http://www.phtnet.org/2003/09/26/.

สถานบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งชาติและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2554). **วิธีการทำแห้งอาหาร**. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/57/57-016.pdf.

สมสุดา วรพันธุ์, วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก, นครินทร์ สุวรรณราช, และ วาสนา พิทักษ์พล. (2559). ประสิทธิภาพของการรมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และ สะระแหน่ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในผลิตภัณฑ์หัตถกรรมผักตบชวา. **แก่นเกษตร**, 44, 205-211.

สมสุดา วรพันธุ์, วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก, นครินทร์ สุวรรณราช, และ วาสนา พิทักษ์พล. (2558). ผลของน้ำมันหอมระเหย กะเพรา โหระพา ยูคาลิปตัส และตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus tubingensis* และ *Penicillium steckii*. **การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 5**, มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, ภูเก็ต. หน้า 743-750.

สมศิริ แสงโชติ. (2554). **โรคภายหลังการเก็บเกี่ยวของผักผลไม้ และการจัดการ**. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2561, จาก http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID.

สมุนไพรดอทคอม. (2554). **จิ้วแดง**. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2561, จาก www.samunpri.com.

สรรพคุณสมุนไพร. (2554ก). **กะเพรา**. สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2561, จาก http://www.rspq.or.th/plant_data/herb_11.htm.

สรรพคุณสมุนไพร. (2554ข). **โหระพา**. สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2561, จาก http://www.rspq.or.th/plant_data/herb/herb _25_2.htm.

สรรพคุณสมุนไพร. (2554ค). **ยูคาลิปตัส**. สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2561, จาก http://www.rspq.or.th/plant_data/herb/herb _25_2.htm.

สารานุกรมวิกีพีเดีย. (2556). **จิ้ว**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560, จาก https://th.wikipedia.org.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม. (2558). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้อบแห้ง**. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0136_58.

สิริพร สธนเสาวภาคย์. (2543). การใช้โอโซนเพื่อความปลอดภัยของผักผลไม้สด.

วิทยาศาสตร์เกษตร, 55, 20–22.

สิริมา ชินสาร, วิชมณี ยินยงพุทธกาล และ นิสานารถ กระแสร์ชล. (2561). ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพขนุนทอด. **วิทยาศาสตร์เกษตร**. 49:2, 77–80.

สิปราง เจริญผล. (2556). **เอกสารการสอนการออกแบบบรรจุภัณฑ์**. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงราย.

สืบตระกูล วิเศษสมบัติ. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์). **โอโซน (Ozone)**. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2563, จาก https://medtech.psu.ac.th/Files_Ariticle/20140721xU9evoENlycr.pdf.

สุมีชัย กิ่งสวรรค์ และ กานดา หวังชัย. (2557). ผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์แบบฟองไมโครต่อการเจริญของเชื้อ *Penicillium digitatum* แบบแขวนลอย. **วิทยาศาสตร์เกษตร**, 46, 404–407.

เสาวภา คุปตภากร. (2542). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. สำนักพิมพ์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสงขลา, สงขลา.

หฤทัย ไทยสุชาติ และ พรอนันต์ บุญก่อน. (2557). การควบคุมเชื้อราปนเปื้อนในกระเทียมด้วยสารสกัดจากพืชและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสภาพห้องทดลอง. **วิทยาศาสตร์ มข**, 42(4), 771–780.

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. (2557). **ดอกงิ้ว สมุนไพรไทย แคลเซียมสูง รักษา สารพัดโรค**. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2560, จาก www.fio.co.th/p/magazine_fio/files/5503.pdf.

อาทิตยา พัฒนพิบูลย์ และ อมรชัย อาภรณ์วิชานพ. (2557). **เทคโนโลยีการอบแห้ง**. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2563, จาก http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/tn234a_p64-67.pdf.

Alexopoulos, A.I., Plessas, S. and Bezirtzoglou, E.Eb. (2013). Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*). **Food Control**, 30, 491–496.

Araujo A.C., Oliveira S.M., Ramos I.N., Brandao T.R.S., and Silva C.L.M. (2016). Influence of pretreatments on quality parameters and nutritional compounds of dried galega kale (*Brassica oleracea* L. var. acephala). **Food Bioprocess Tech**, 9, 872–881.

Atares, L. and Chiralt, A. (2016). Essential oil as additives in biodegradable films and coating for active food packaging. **Trends in Food Science and Technology**, 48, 51–62.

Beth Hamil. (2017). **Ozone sanitation–a sustainable and efficacious approach to food safety**. Retrieved May, 20, 2019, form https://www.researchgate.net/publication/320237844_Ozone_Sanitation-A_Sustainable_and_Efficacious_Approach_to_Food_Safety.

Calo, J.R., Crandall, P., O'Bryan, C.A. and Ricke, S.C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food system. **Food Control**, 54, 111–119.

Cassella, S. Cassella, J. and Smith, I. (2002). Synergistic antifungal activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia)* and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil against dermatophyte infection, **International Journal of Aromatherapy**, 12(1), 2–15.

Cho, M., Kim, J., Kim J.Y., Yoon, J. and Kim, J.H. (2010). Mechanisms of *Escherichia coli* inactivation by several disinfectants. **Water research**, 44(11), 3410–3418.

Di Pasqua, R., Betts, G., Hoskins, N., Edwards, M., Ercolini, D. and Maurello, G. (2007). Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 55(12), 4863–4870.

Goni, P. Lopez, P. Sanchez, C., Gomez–Lus, R., Beoerril, R. and Nerine, C. (2009). Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils, **Food Chemistry**, 116(4), 982–989.

Hunt, N.K. and Marinas, B.J. (1997). Kinetics of *Escherichia coli* inactivation with ozone. **Water Research**, 31(6), 1355–1362.

Kasa R.N.R., Farhana N.I. and Salleh B. (2011). Occurrence of *Aspergillus* spp. and aflatoxin B1 in malaysian foods used for human consumption. **Journal of Food Science**, 47(4), 13–19.

Karaca, H. and Velioglu, Y.S. (2014). Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. **Postharvest Biology and Technology**, 88, 46–53.

Lewicki, P.Piotr. (2006). Design for hot air drying for better foods. **Trend in Food Science and Technology**, 17, 153–163.

Li, B., Lai, T., Oin, G. and Tian, S. (2009). Ambient pH stress inhibits spore germination of *Penicillium expansum* by impairing protein synthesis and folding: a proteomic–based study. **Journal of Proteome Research**, 9, 298–307.

Matan, N., Worapyote, W., Saengkrajang, W. and Sirisombat, N. (2009). Durability of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) treated with peppermint oil, eucalyptus oil, and their main components. **International and Biodegradation**, 63, 621–625.

Maturin, L.M. and Peeler, J.T. (2001). **Aerobic plate count**. Retrieved January, 25, 2019, form https://www.fda.gov/food/laboratory–methods–food/bam–chapter–3–aerobic–plate–count.

Minas, I.S., Karaoglanidis G.S., Manganaris, G.A. and Vasilakakis, M. (2010). Effect of ozone application during cold storage of kiwifruit on the development of stem–end rot caused by Botrytis cinerea. **Postharvest Biology and Technology**, 58, 203–210.

Mondal, M. and Khalequezzman, M. (2010). Toxicity of naturally occurring compounds of plant essential oil aginst *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Biological Sciences**, 10, 10–17.

Prakash, B. Kujur, A., Yadav, A., Kumar, A., Singh, P.P. and Dubey, N.K. (2018). Nanoencapsulation: An efficient technology to boost the antimicrobial potential of plant essential oils in food system. **Food Control**, 89, 1–11.

Prakash, S., S. K. Jha, and N. Datta. (2004). Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. **Journal of Food Engineering**, 26(3), 305–313.

Vercesi AE, Kowaltowski AJ, Grijalba MT, Meinicke AR, and Castilho RF. (1997). The role of reactive oxygen species in mitochondrial permeability transition. **Bioscience Reports**, 17, 43–52.

White, T.J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. (1990). **Application and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetic**. Retrieved January 21, 2018, from https://www.researchgate.net/publication/223397588_White_T_J_T_.

Zorlugenc, B., Zorlugenc, F.K., Oztekin, S., Evliya, I.B. (2008). The influence of gaseous ozone and ozonated water on microbial flora and degradation of aflatoxin B_1 in dried figs. **Food and Chemical Toxicology**, 46, 3593–3597.

Ziedan, E.S. and Farrag, E.S.H. (2008). Fumigation of peach fruits with essential oils to control postharvest decay. **Journal of Agriculture and Biological Sciences**, 4(5), 512–519.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม, 2558)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมผัก ผลไม้รวมถึงผักและผลไม้ที่เป็นสมุนไพรที่ใช้เป็นอาหาร นำมาทำให้แห้ง มีลักษณะเป็นผลหรือชิ้นแห้ง บรรจุในภาชนะบรรจุปิดได้สนิท ไม่ครอบคลุมกล้วยอบ เนื้อมะพร้าวอบ และเนื้อลำไยอบแห้ง ที่ได้ประกาศเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้ว

2. บทนิยาม

ผักและผลไม้แห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผักหรือผลไม้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่า ที่อยู่ใน สภาพดี ไม่เน่าเสีย อาจใช้ทั้งผลหรือนำมาตัดแต่ง เช่น ปอกเปลือก คว้านเมล็ด หั่นเป็นชิ้น อาจนำไปให้ ความร้อนโดยการต้ม ลวก นึ่ง แล้วนำมาทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป ต้องคงลักษณะเนื้อที่ดีตามธรรมชาติของผักและผลไม้แห้ง ไม่เกาะติดกัน การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 สี ต้องมีสีดีตามธรรมชาติของผักและผลไม้แห้ง

3.3 กลิ่น ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของผักและผลไม้แห้ง ไม่มีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นไหม้

3.4 กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผักและผลไม้แห้ง ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

3.5 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูล จากสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.6 ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.7 วอเตอร์แอคทิวิตี้ ต้องไม่เกิน 0.6 การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25±2 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ วอเตอร์แอคทิวิตี้ เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากคาวอเตอร์แอคทิวิตี้เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต

3.8 วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด

หากมีการใช้สีและสารฟอกสี ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.9 จุลินทรีย์

จุลินทรียทั้งหมด ต้องน้อยกว่า $1x10^6$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

Salmonella spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

Staphylococcus aureus ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

Escherichia coli โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

4. สุขลักษณะ

สุขลักษณะในการทำผักและผลไม้แห้ง และสถานประกอบการต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุข

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุผักและผลไม้แห้งในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2 น้ำหนักสุทธิของผักและผลไม้แห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก การทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

6. เครื่องหมายและฉลาก

ที่ภาชนะบรรจุผักและผลไม้แห้งทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียด ต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

6.1 ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตาม มผช.) หรือชื่อที่สื่อความหมายตาม มผช. เช่น สะเดาแห้ง สับปะรดอบแห้ง

6.2 ส่วนประกอบที่สำคัญ เป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย

6.3 ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

6.4 น้ำหนักสุทธิเป็นกรัมหรือกิโลกรัม

6.5 วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

6.6 ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา (ถ้ามี)

6.7 กรณีที่มีการใช้ส่วนประกอบของอาหาร ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ เช่น มีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้แสดงข้อความว่า “ข้อมูลสำหรับผู้แพ้อาหาร: มีซัลไฟต์”

6.8 เลขสารบนอาหาร

6.9 ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพของดอกงิ้ว

การวัดอัตราการดูดน้ำกลับ ตามวิธีการของ Prakash Sangeeta et al., (2004)

อัตราการดูดน้ำกลับโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 5 กรัม ใส่ลงในน้ำเดือด 150 มิลลิลิตร ต้มนาน 5 นาที แยกตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนักสุดท้าย

อัตราการดูดน้ำกลับ = น้ำหนักสุดท้าย / น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น

การวัดสีระบบ Hunter lab scale โดยเครื่องวัดสี Hunter lab, ColorQuest® XE

การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab ในระบบ Hunter lab scale จะให้ค่า L เป็นค่าความสว่าง (lightness) ค่าสี a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (redness/greenness) และค่าสี b เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness)

โดยที่ ค่าสี L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

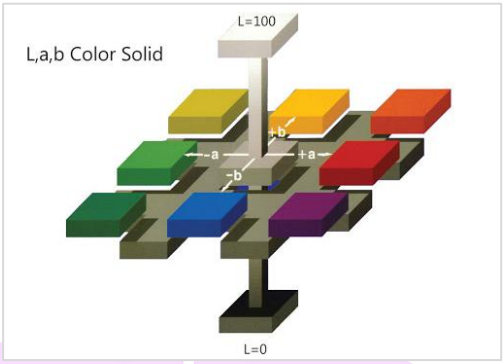
กรณีถ้า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมืด (darkness) แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึง สว่าง (lightness)

ค่าสี a* คือ แสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (redness/greenness)

กรณีถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีแดง และกรณี ถ้า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีเขียว

ค่าสี b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness)

กรณีถ้า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง และกรณี ถ้า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน



ภาพ 16 แสดงระบบการวัดสีโดยใช้ค่า L*, a*, b*

ที่มา: ระบบการวัดสี, 2559, สื่อออนไลน์

การตรวจสอบสารพิษอะฟลาทอกซิน (reveal for aflatoxin)

การตรวจสอบสารพิษอะฟลาทอกซิน (reveal for aflatoxin) **โดยใช้ชุดทดสอบสารพิษอะฟลาทอกซิน®**

ภาพ 17 แสดงอุปกรณ์ชุดทดสอบสารพิษอะฟลาทอกซิน

วิธีการตรวจสอบ

1. ชั่งตัวอย่างดอกงิ้วแห้งที่บดละเอียดปริมาณ 10 กรัม ใส่ในถ้วยที่มีน้ำสกัดตัวอย่าง

2. ปิดฝาในสนิท เขย่าด้วยมือแรง ประมาณ 1 นาที

3. นำกระดาษกรองที่พับไว้เป็นทรงถ้วยใส่ลงไปในถ้วย กดกระดาษให้จุ่มน้ำ (ระวังอย่าให้ตัวอย่างล้นเข้ามาด้านในของกระดาษกรอง) วางทิ้งไว้ประมาณ 2–3 นาที ให้น้ำตัวอย่างซึมผ่านเข้ามาด้านใน มีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับใส่ถ้วยขนาดเล็ก ตัวอย่างพร้อมทดสอบ

4. ใช้หลอดดูดน้ำตัวอย่างสกัด (น้ำใสที่อยู่เหนือกระดาษกรอง) จำนวน 3 หยด (100 ไมโครลิตร) มาเติมลงในถ้วยเล็ก

5. ใช้หลอดดูดอันใหม่ดูดสารผสมเจือจาง จำนวน 15 หยด (500 ไมโครลิตร) ในถ้วยพลาสติกขนาดเล็ก

6. ใช้หลอดดูดที่ดูดสารผสมเจือจาง (ในข้อ 5) ดูดน้ำในถ้วยเล็กขึ้น–ลงประมาณ 3 ครั้ง เพื่อผสมให้เข้ากัน

7. จุ่มแผ่นกระดาษทดสอบลงในถ้วยเล็กในแนวตั้ง ทิ้งไว้ 3 นาที แล้วอ่านผล

การอ่านผลทดสอบ

กรณีที่ 1: ผล Negative

ถ้ามีแถบสีขึ้น 2 เส้น แสดงว่าตัวอย่างที่ตรวจมีอะฟลาทอกซิน น้อยกว่า 20 ppb (ส่วนในพันล้านส่วน)

กรณีที่ 2: ผล Positive

ถ้ามีแถบสีขึ้น 1 เส้น แสดงว่าตัวอย่างที่ตรวจมีอะฟลาทอกซิน มากกว่า 20 ppb (ส่วนในพันล้านส่วน)

ภาคผนวก ค แบบสอบถามเพื่อวิจัย

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง การประยุกต์ใช้น้ำโอโซนและน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicilium citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง (*Bombax ceiba* L.)

คำชี้แจง: แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา และความต้องการของผู้ประกอบการ

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาตอบแบบสอบถามจากท่านเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ.....ปี

3. ระดับการศึกษา

☐ ไม่ได้รับการศึกษา ☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท หรือสูงกว่า

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา และความต้องการของผู้ประกอบการ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

4. ท่านมีปัญหาอะไรบ้างเกี่ยวกับดอกงิ้วแห้ง

.....

.....

5. ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวดอกงิ้วแห้งมีอะไรบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ความชื้นในดอกงิ้วแห้ง

☐ การเกิดเชื้อราในดอกงิ้วแห้ง

☐ การเปลี่ยนแปลงของสีดอกงิ้วแห้ง

☐ ความกรอบและแห้ง

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

6. ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่จำหน่าย

☐ ถุงพลาสติกใส/ขุ่น ☐ ถุงฟอยด์แบบทึบ ☐ ถุงฟอยด์หน้าใส

☐ ถุงกระดาษ ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

7. ราคาจำหน่าย/กิโลกรัม

☐ 100–200 บาท ☐ 201–300 บาท ☐ 301–400 บาท ☐ 401–500 บาท

8. ท่านมีความต้องการอะไรบ้าง เกี่ยวกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของดอกงิ้วแห้ง

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ความเห็น/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง การประยุกต์ใช้น้ำโอโซนและน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Penicilium citrinum* ในดอกงิ้วแห้ง (*Bombax ceiba* L.)

คำชี้แจง: แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา และความต้องการของผู้เก็บและรวบรวมดอกงิ้ว

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาตอบแบบสอบถามจากท่านเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ.....ปี

3. ระดับการศึกษา

☐ ไม่ได้รับการศึกษา ☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท หรือสูงกว่า

4. อาชีพ

☐ รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ ☐ รับจ้าง/ลูกจ้าง

☐ ค้าขาย/ ประกอบกิจการส่วนตัว ☐ เกษตรกร/ประมง

☐ อื่น ๆ

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา และความต้องการของผู้เก็บดอกงิ้ว

5. สถานที่และช่วงเวลาในการเก็บดอกงิ้ว

.....

6. ทำการคัดเลือกดอกงิ้วหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

7. การดึงเอากลีบดอก เกสรตัวผู้ และการฉีกเกสรตัวเมีย หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

8. การตากแห้ง, ระยะเวลาในการตาก และ มีวิธีการสังเกตอย่างไร

.....

.....

9. การบรรจุหีบห่ออย่างไร

.....

10. การจำหน่าย

☐ จำหน่ายให้กับ.....

☐ ขายปลีก ราคา..... ☐ ขายส่ง ราคา.....

☐ เก็บไว้บริโภค

11. รายได้จากการขายดอกงิ้ว.....

10. ท่านมีความต้องการอะไรบ้าง เกี่ยวกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของดอกงิ้วแห้ง

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ความเห็น/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	บุษรินทร์ ท้วมแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	16 พฤษภาคม 2538
สถานที่เกิด	แพร่
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2559 วท.บ. (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	40/1 ม.10 ต.ป่าแมต อ.เมือง จ.แพร่ 54000
ผลงานตีพิมพ์	ประสิทธิภาพของการรมด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยโหระพา อบเชย ยูคาลิปตัส ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา Aspergillus niger, Aspergillus flavus และ Penicillium citrinum ในดอกงิ้วแห้ง