รหัสโครงการ SUT3-305-54-12-26

รายงานการวิจัย

คุณภาพและความปลอดภัยตลอดห่วงโซ่การผลิตพริก ด้วยการจัดการระบบน้ำและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

(Quality and safety of chilli food chain using irrigation management and postharvest practice)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-305-54-12-26

รายงานการวิจัย

คุณภาพและความปลอดภัยตลอดห่วงโซ่การผลิตพริก ด้วยการจัดการระบบน้ำและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

(Quality and safety of chilli food chain using irrigation management and postharvest practice)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะวรรณ กาสลัก

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

อาจารย์ ดร. ธีรยุทธ เกิดไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเวทย์ นิงสานนท์

อาจารย์ ดร. รุจ มรกต

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณพ.ศ. 2554

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2558

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีผู้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ที่ทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งขอบคุณหน่วยงานอาคารศูนย์เครื่องมือ 1 อาคารศูนย์เครื่องมือ 3 และแปลงทดลองฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการวิจัยทดลอง ตลอดจนศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเป็นแหล่งให้ข้อมูลประกอบงานวิจัยและเอกสารอ้างอิงต่างๆ เพื่อจัดทำรายงานการวิจัยเล่มนี้ให้ลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี

ผศ.ดร.ปิยะวรรณ กาสลัก

กันยายน 2558

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

พริกสดและพริกแห้งเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่มีการขยายตัวการส่งออกเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ปี 2553 - 2554 เป็นต้นมา ทำให้เกษตรกรหันมาปลูกพริกมากขึ้นรวมถึงเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา แต่ขาดการควบคุมกระบวนการปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง เป็นสาเหตุให้พริกซึ่งเป็นหนึ่งในสินค้าส่งออกทางการเกษตรได้รับรายงานจากสหภาพยุโรปตรวจพบสารเคมีตกค้าง ยาฆ่าแมลง และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาระบบการให้น้ำต่ออัตราการเจริญเติบโตของพริกไปจนถึงการล้างที่มีการนำสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (BSF) มาประยุกต์ใช้ในการล้าง และกรรมวิธีการแปรรูปพริกแห้ง ผลการวิจัยพบว่าผลผลิตของพริก (พริกขี้หนู พริกมันดำ และพริกขี้หนูลูกผสม) ที่มีการปลูกให้น้ำแบบหยดภายใต้สภาพที่ได้รับน้ำ 3 แบบ ได้แก่ วันเว้นวัน 5วัน/ครั้ง และ 10 วัน/ครั้ง การให้น้ำทั้ง 3 แบบนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูง จำนวนกิ่ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และพริกทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้ตามปกติ ส่วนกระบวนการล้างพริกสดด้วย BSF และ $Ca(ClO)_2$ เพื่อลดการปนเปื้อนทางด้านจุลิทรีย์ เคมี และกายภาพ พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของ BSF ที่ 100 ppm สามารถลดปริมาณ *B. cereus, Salmonella* spp. และ *E.coli* ให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานจุลินทรีย์ของพริกสดซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดเป็นดัชนีคุณภาพที่มีความเสี่ยงสูงสุดในพริกสดจัดอยู่ในกลุ่มอาหารพร้อมบริโภค แต่การล้างพริกสดด้วย $Ca(ClO)_2$ ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 200 ppm ไม่สามารถควบคุมปริมาณ *E.coli* ให้ต่ำกว่าระดับมาตรฐานจุลินทรีย์พริกสดที่กำหนดไว้ได้ สำหรับการควบคุมคุณภาพทางด้านเคมี พบว่าการใช้ BSF และ $Ca(ClO)_2$ ตั้งแต่ความเข้มข้น 50 ppm ขึ้นไปมีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินให้อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานพริกสดที่กำหนดไว้ได้ นอกจากนี้การใช้สาร BSF ความเข้มข้น 50-200 ppm ยังมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพด้านสีของพริกสดหลังการล้างให้คงความเป็นสีแดง สำหรับกระบวนการแปรรูปพริกแห้งจากพริกสดที่ผ่านการล้างด้วย BSF พบว่าการใช้ BSF ล้างพริกสดร่วมกับกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) มีประสิทธิภาพดีกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) โดยการล้างพริกสดด้วย BSF 50-200 ppm แล้วทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนสามารถควบคุมปริมาณสารอะฟลาทอกซินซึ่งเป็นดัชนีคุณภาพทางด้านเคมีที่สำคัญให้ต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้งได้ ส่วนความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ของพริกแห้งพบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถควบคุมการปนเปื้อนจุลินทรีย์ทั้งหมดให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้งที่กำหนดได้ ทั้งนี้การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนยังใช้ระยะเวลาในการทำให้มีปริมาณความชื้นต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้งสั้นกว่าการใช้ตู้อบ และยังคงสภาพความเป็นสีแดงของพริกแห้งที่เป็นลักษณะทางกายภาพที่ผู้บริโภคต้องการไว้ได้เป็นอย่างดี

Abstract

Fresh and dried chilies are ones of economic crops which have been increasing export expansion since 2011. More agriculturists have turned to chili plantation including those in Nakhon Ratchasima province. However, the lack of control over appropriate planting procedures as well as proper post-harvesting management leads to these agricultural exports contaminated with chemical residues, insecticide and microbes as inspected and reported by the European Union. This research, therefore, aimed to study the effect of the irrigation system on the growth rate of chilies, the application of biosurfactant (BSF) in the washing process and the processing of dried chilies. The findings showed that all of the three chili varieties (Thai Chili Pepper, Man Dam and crossbred Thai Chili Pepper) grown with drip irrigation system following three different watering schedules, every other day, every 5 days and every 10 days, have normal growth rate and crop yield rate without any differences in height, number of branches and the amount of chlorophyll. Concerning the application of BSF and $Ca(ClO)_2$ in chili washing process to reduce pathogen chemical and physical contamination. The concentration of BSF as low as 100 ppm could reduce the amount of *B.cereus, Salmonella* spp. And *E.coli* to be in accordance with the fresh chilis' microbial level standard. These three pathogens are the quality indicator with the highest risk in chilies which are classified in a ready-to-eat food product. However, the application of $Ca(ClO)_2$ with the concentration as high as 200 ppm in the chili washing process was unable to control the amount of *E.coli* to be in accordance with the fresh chilies' microbial level standard. Regarding the chemical quality control, the application of BSF and $Ca(ClO)_2$ at the minimum concentration of 50 ppm was able to control the amount of the aflatoxin to be in accordance with the fresh chilies' microbial level standard. Moreover, the application of BSF at the concentration of 50-200 ppm was able to maintain the red color quality of fresh chilies after the washing process. Regarding the dried chili processing after the washing process of fresh chilies with the application of BSF, the application of BSF in the washing process of fresh chilies together with the tray drying method was more effective than the oven drying method. The application of BSF with the concentration of 50-200 ppm in the washing process of fresh chilies could control the amount of aflatoxin which was a significant chemical quality indicator to be in accordance with the dried chilies' microbial level standard. Concerning the dried chili microbial safety, such method could control all types of microbial contamination to be in accordance with the dried chilies' microbial level standard. Besides, compared with the oven drying method, the tray drying method took less time to decrease chilies' moisture amount to be in accordance with the dried chilies' microbial level standard and could effectively maintain the red color of dried chilies which was the desirable physical quality required by consumers.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
ข้อตกลงเบื้องต้น	4
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	6
แหล่งที่มาของข้อมูล	6
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	8
บทที่ 3 ผลการวิจัย	14
ตอนที่ 1 ผลของการจัดการระบบน้ำต่อการเจริญเติบโตของพริก	14
ตอนที่ 2 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพของพริกสด (พริกชี้ฟ้าแดง ; hot chilli)	18
ตอนที่ 3 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพของพริกแห้ง (พริกชี้ฟ้าแดง ; hot chilli) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)	29
ตอนที่ 4 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพของพริกแห้ง (พริกชี้ฟ้าแดง ; hot chilli) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)	39
บทที่ 4 บทสรุป	52
สรุปผลการวิจัย	52

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ข้อเสนอแนะ 54
บรรณานุกรม 55
ภาคผนวก 57
ประวัติผู้วิจัย 69

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สารทำความสะอาดที่ใช้ในกระบวนการล้างพริกสด 10
ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความสูงของพริกแต่ละพันธุ์ 3 สายพันธุ์ ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 14
ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความสูงของพริกภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 14
ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มของพริก 3 สายพันธุ์ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 15
ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มของพริกสายพันธุ์ต่างๆภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 15
ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนกิ่งแขนงของพริก 3 สายพันธุ์ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 16
ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนกิ่งแขนงของพริกสายพันธุ์ต่างๆภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 16
ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของพริก 3 สายพันธุ์ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 17
ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของพริกสายพันธุ์ต่างๆภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ 17
ตารางที่ 10 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านจุลินทรีย์ ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ 20
ตารางที่ 11 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา 21
ตารางที่ 12 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านเคมี ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ 23
ตารางที่ 13 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านเคมีร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา 24

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 14 ผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์เปรียบเทียบกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ 27

ตารางที่ 15 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์เปรียบเทียบกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ 28

ตารางที่ 16 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านจุลินทรีย์ ของพริกที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 30

ตารางที่ 17 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 31

ตารางที่ 18 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านเคมี ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 33

ตารางที่ 19 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านเคมี ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 34

ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 37

ตารางที่ 21 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 38

ตารางที่ 22 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านจุลินทรีย์ ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 40

ตารางที่ 23 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 41

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 24 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านเคมี ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 43
ตารางที่ 25 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านเคมี ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 44
ตารางที่ 26 ผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 47
ตารางที่ 27 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L a b*) ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 48
ตารางที่ 28 สรุปความเข้มข้นของสารทำความสะอาดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการล้างพริกสด 49
ตารางที่ 29 สรุปความเข้มข้นของสารทำความสะอาดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปพริกแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 50
ตารางที่ 30 สรุปความเข้มข้นของสารทำความสะอาดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 51
ตารางที่ 31 มาตรฐานดัชนีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์สำหรับพริกสดและพริกแห้ง 66
ตารางที่ 32 มาตรฐานดัชนีคุณภาพทางด้านเคมีสำหับพริกสดและพริกแห้ง 67

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ขั้นตอนในการล้างพริกสด 11
รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำพริกแห้ง 12
รูปที่ 3 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ 25
รูปที่ 4 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกผ่านการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven) 35
รูปที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกผ่านการล้างด้วยสารละลาย แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) 45
รูปที่ 6 ไดอะแกรมแสดงสัมประสิทธิ์ค่าสี a* และ b* 68

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

พริกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีการปลูกอย่างแพร่หลาย โดยแหล่งปลูกพริกที่สำคัญคือจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ มีพื้นที่รวมกันประมาณ 100,000 ไร่ (วีระ, 2549) สำหรับการผลิตพริกถึงแม้ว่าจะมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง ในการปลูกพริกของเกษตรกรไทยนั้นมักประสบปัญหาหลายด้าน โดยเฉพาะความแห้งแล้ง ปัญหาโรคและแมลง ซึ่งโรคและแมลงที่สำคัญได้แก่ โรคกุ้งแห้ง (โรคแอนแทรกโนส) ในช่วงที่อากาศมีความชื้นสูงหรือในช่วงหน้าฝน และการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟในช่วงฤดูแล้งหรือในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตลดลง เนื่องจากพริกเน่าทั่วทั้งผลร่วงก่อนการเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโตการติดผลของพริกลดลง ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีเป็นจำนวนมากในการกำจัดโรคและแมลงโดยเฉพาะในช่วงหน้าแล้งที่มีการระบาดของเพลี้ยไฟ (สุชีลา และนิวัฒน์, 2549) การใช้สารเคมีจำนวนมากนี้ทำให้ต้นทุนการผลิตพริกเพิ่มมากขึ้น และยังทำให้มีสารเคมีตกค้างในพริกในปริมาณที่สูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการผลิตพริกในประเทศไทยจึงควรมีการจัดการทั้งด้านการเลือกสายพันธุ์และการเกษตรกรรมด้วยการจัดการระบบน้ำที่ดีอย่างผสมผสาน จึงจะเป็นการจัดการเพื่อลดปัญหาดังกล่าว

นอกจากนี้ขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาจัดการให้ดี เพื่อป้องกันหรือลดการปนเปื้อนในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการล้างทำความสะอาด ซึ่งเป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (raw material preparation) ก่อนการแปรรูป หรือล้างระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการผลิต สารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อ (sanitizer) ในน้ำล้างวัตถุดิบ เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) เช่น คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน และกรดอนินทรีย์ เป็นต้น โดยเฉพาะสารเคมีในกลุ่มคลอรีน เช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($Ca(ClO)_2$) ที่สะดวกต่อการใช้งานและหาซื้อง่าย นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ใช้สำหรับฆ่าเชื้อวัตถุดิบและฆ่าเชื้อน้ำที่ใช้ในกระบวนการ เช่น น้ำหล่อเย็น น้ำที่ละลายวัตถุดิบที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (thawing) นอกจากการใช้เพื่อฆ่าเชื้อแล้ว แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ สามารถรวมตัวกับเพกทิน (pectin) ในผนังเซลล์ของผักและผลไม้ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้น จึงมีการนำไปใช้ในการล้างผักผลไม้ โดยความเข้มข้นที่ใช้ อยู่ในช่วง 50-200 ppm. ที่ผ่านมาได้ศึกษาประสิทธิภาพแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ต่อการล้างผัก พบว่าหลังจากการจุ่มน้ำสามารถลดเชื้อ *E. coli* ในผักกาดหอมและบล็อกโคลี่ได้ประมาณ 1.5-1.8 log CFU/g จากปริมาณ *E.coli*

เริ่มต้น 6.8 log CFU/g เมื่อแช่ผักในสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ 50 mg/L เวลา 30 วินาที สามารถลดปริมาณ *E.coli* ของผักกาดหอมได้ 1.9-2.8 log CFU/g และบล็อกโคลี่ได้1.7-2.5 log CFU/ g (Behrsing et.al. 2000) อย่างไรก็ตาม สารเคมีเหล่านี้อาจมีการตกค้างบนผลิตผลได้ จึงมีการนำสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (biosurfactant, BSF) ที่เป็นสารเมตาโบไลท์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นจากระบวนการหมัก ประกอบด้วยสารที่มีคุณสมบัติหลากหลาย เช่น glycolipids, rhamnolipid, mannosylerythritol lipid, lipoaminoacids, lipopeptides, lipoproteins, lipopolysaccharides, phospholipids, monoglycerides และ diglycerides (Makkar, Cameotra & Banat, 2011; Edwards, Lepo & Lewis, 2003; Rodrigues และคณะ, 2006) ซึ่งมีความเป็นพิษต่ำ มีความสามารถในการย่อยสลายสูง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ช่วยให้เกิดโฟม มีความเฉพาะเจาะจงสูง ทนต่ออุณหภูมิและสภาวะความเป็นกรดและด่าง มาใช้ในขั้นตอนการล้าง เช่น สารลดแรงตึงผิวชีวภาพผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ *Bacillus* spp. สามารถผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพประเภท lipopeptides ที่มีโครงสร้างไขมันจับอยู่บนสายเปปไทด์ โครงสร้างที่เป็นไขมันอยู่บนสายทำให้สามารถจับกับผนังเซลล์ของเชื้อรา ซึ่งมีผนังเซลล์เป็นพวกสารไคติน (chitin) จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ N-acetyl glucosamine มายึดเกาะกันด้วย β-1,4 glycosidic bond ลักษณะดังกล่าวนี้ไม่ละลายน้ำ และจาก Vater และคณะ, 2002 พบว่าสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่มีโครงสร้างเป็น lipopeptides สายยาว พวก iturin สามารถยับยั้งเชื้อราด้วยโครงสร้างที่เป็น cyclic lipoheptapeptides ที่มี β -hydroxy fatty acid และ α β-amino fatty acid นอกจากนี้ยังมีรายงานการนำสารลดแรงตึงผิวชีวภาพมาใช้เป็นสารทำความสะอาดในกระบวนการล้างผักกาดหอม เทียบกับการใช้ เกลือ น้ำส้มสายชู และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) เพื่อลดการปนเปื้อนยาฆ่าแมลง (Cypermethrin) พบว่าสารลดแรงตึงผิวชีวิภาพเข้มข้น 20 ppm สามารถลด cypermethrin ให้อยู่ในระดับที่ไม่เกิน 2 ppm และมีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับ เกลือ น้ำส้มสายชู และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) (Churdchai Cheowtirakul and Nguyen Dieu Linh, 2010) ดังนั้นต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีในขั้นตอนการล้างพริกสดหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อผลิตเป็นพริกแห้ง ซึ่งมักจะมีการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซิน ที่มักพบว่าปนเปื้อนอยู่ในพริกแห้งหรืออาหารที่มีความชื้นต่ำ สารพิษอะฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อรา*กลุ่ม* *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* และ *A. nomius* สารพิษอะฟลาทอกซินนี้ทำอันตรายต่อเซลล์ตับ โดยการทำให้ไขมันสะสมมากที่ตับ ตับแข็ง ตับอักเสบ เลือดออกในตับ เซลล์ตับถูกทำลายหากได้รับสารพิษนี้ในปริมาณมากถึงระดับหนึ่ง และหากได้รับเป็นเวลานานจะเกิด Hepatocellular carcinoma หรือ Cholangio carcinoma ทำให้เกิดโรคมะเร็งในตับและตายในที่สุด ถือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอย่างมาก ขั้นตอนการล้างถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะช่วยลดการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลา-ทอกซินได้ มีการศึกษาว่าการล้างโดยใช้สารเคมีที่นิยมใช้ใน

อุตสาหกรรมอาหาร คือ คลอรีน เปรียบเทียบกับการใช้สารที่ผลิตจากจุลินทรีย์โดยกระบวนการหมักที่ใช้วัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นสารตั้งต้น ว่ามีความสามารถ ในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร ได้แก่ *E.coli S.aureus Salmonella* sp. *B.cereus* ยีสต์ และรา รวมถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณของอะฟลาทอกซินได้มากน้อยเพียงใด และปริมาณที่ปนเปื้อนควรอยู่ในค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดไว้ว่าต้องมีอะฟลาทอกซินอยู่ในอาหารไม่เกิน 20 ppb (หรือไม่เกิน 20 µg/kg) นอกจากกระบวนการล้างที่มีความสำคัญแล้วการทำแห้งยังเป็นกระบวนหนึ่งที่จำเป็นจะต้องมีการควบคุมเวลา อุณหภูมิและเลือกเครื่องมือให้มีความเหมาะสม คุ้มทุนมากที่สุด การทำแห้งที่ยังเป็นที่นิยมใช้ในกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ ได้แก่ การทำให้แห้งโดยธรรมชาติ (natural drying) ตากแดด และการทำให้แห้งโดยวิธีเชิงกล (mechanic drying) ใช้เครื่องทำแห้ง การทำแห้งทั้ง 2 วิธีนี้มีความแตกต่าง การตากแดดเป็นวิธีการประหยัดทำได้โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือ แต่พริกแห้งที่ทีได้ไม่มีความปลอดภัย ไม่มีความสม่ำเสมอ และใช้ระยะเวลานาน ส่วนการทำแห้งโดยวิธีเชิงกลนั้น ถูกนำมาใช้ในการแปรรูปขนาดใหญ่ขึ้น หรือเพื่อควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเครื่องมือที่นิยมนำใช้ในการแห้ง ได้แก่ ตู้อบลมร้อน (tray dryer) ตู้อบ (oven) เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (tunnel dryer) และเครื่องอบแห้งแบบเป็นห้องหรือตู้อบที่หมุนได้ (rotary dryer) แต่ละเครื่องมือมีข้อจำกัดที่แตกต่างๆ ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและปริมาณ โดยทั่วไปหากผู้ประกอบมีกำลังการผลิตที่ไม่สูงมากนัก เช่นในระดับ SME เครื่องทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน เป็นเครื่องมือที่มีราคาไม่สูงมากนัก และขั้นตอนวิธีการใช้งานที่ง่ายไม่ซับซ้อน พร้อมกันนั้นสามารถทำแห้งวัตถุดิบได้สม่ำเสมอ โดยเครื่องมือดังกล่าวจะอาศัยลมร้อนจากแหล่งความร้อน ซึ่งอาจจะเป็น ฮีทเตอร์ คอล์ยไอน้ำ ก๊าซหุงต้ม หรือน้ำมันเตา ลมร้อนจะไหลผ่านอาหารที่วางเป็นชั้นบางๆ ในชั้นของถาดที่จะมีรูพรุน ความเร็วลมที่ไหลเวียนอยู่ในช่วง 0.5-5 เมตร/วินาที มีระบบบังคับทิศทางการไหลของลมร้อน เพื่อให้ลมร้อนไหลอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงทุกส่วน หลักการดังกล่าวทำให้สามารถผลิตพริกแห้งที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน GMP นอกจากนี้ เครื่องมือชนิดตู้อบ (oven) ซึ่งเป็นเครื่องพื้นฐานชนิดหนึ่งที่อาศัยหลักการให้ความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนถูกถ่ายเทให้วัตถุ โดยกระบวนการนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน(convection) และการแผ่รังสี(radiation) ความร้อนที่ถูกควบคุมอย่างเหมาะสมด้วยตัวไวความร้อนและระบบควบคุมอุณหภูมิ ทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือทำให้พริกแห้งได้ ดังนั้นการในกระบวนการผลิตพริกให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคนั้น จะต้องคำนึงถึงตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก การล้าง และการแปรรูปที่เหมาะสม

คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าการจัดการระบบน้ำที่ดี และกระบวนการล้างที่มีประสิทธิภาพ จะมีผลต่อการลดหรือการทำลายจากศัตรูพืช จุลินทรีย์ปนเปื้อนและสารพิษอะฟลาทอกซิน ส่งผลให้ได้ผลผลิตพริกที่มีคุณภาพดี ทั้งยังสามารถนำผลผลิตที่ได้มาแปรรูปให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์พริกแห้งที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อ

ผู้บริโภค ถือเป็นการยกระดับผลผลิตรวมทั้งกระบวนการผลิตพริกให้สูงขึ้น ทำให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน เหมาะสมกับการใช้ชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียง

วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. เปรียบเทียบผลผลิตของพริกภายใต้สภาพที่ได้รับน้ำเต็มที่และที่ขาดน้ำ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (biosurfactant) ทดแทนการใช้สารเคมีในขั้นตอนการล้างพริกสดหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อผลิตเป็นพริกแห้ง
3. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และสารพิษอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง
4. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่รับผิดชอบเกษตรกรผู้ผลิต

ขอบเขตของการวิจัย

ทำการทดลองโดยปลูกพริกจำนวน 3 สายพันธุ์ เพื่อศึกษาความแตกต่างของผลผลิตพริกทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พริกขี้หนู พริกมันดำ และพริกขี้หนูลูกผสม และการให้น้ำ 3 ระดับได้แก่ ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำทุก 5 วัน และให้น้ำทุก 10 วัน เพื่อศึกษาผลของการให้น้ำที่มีต่อคุณภาพพริกสด โดยทำการศึกษาในแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จากนั้นทำการศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตผลสด และผลที่มีต่อการลดสารพิษอะฟลาทอกซินในผลิตผลแห้ง หลังการล้างด้วยสารเคมี คลอรีน และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากการหมักผลเชอร์รี่เปรี้ยว ของพริกสด (พริกชี้ฟ้าแดง, Hot chilli) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของพริกขี้หนู พริกมันดำ และพริกขี้หนูลูกผสม เนื่องจากเป็นพริกที่จำหน่ายตามท้องตลาดตลอดเวลาซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมนำไปทำแห้ง และส่งเข้าสู่อุตสาหกรรมการผลิตซอสพริก

ข้อตกลงเบื้องต้น

ไม่มี

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพของการให้น้ำพริกภายใต้สภาพความแห้งแล้งที่ต่างกัน 3 ระบบ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพริกทั้ง 3 สายพันธุ์ เพื่อให้ได้ผลผลิตของพริกจากการให้น้ำ 3 ระบบที่จำลองสภาวะแห้งแล้ง ว่าสามารถเจริญเติบโตได้มากหรือแตกต่างกันอย่างไร ทำให้สามารถหาแนวทางช่วยในการวางแผนการผลิต หรือหาแนวทางในการยกระดับผลผลิตของพริกให้สูงขึ้น รวมทั้งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตพริก และเพื่อให้เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายรวมถึงเจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐทราบถึงขั้นตอนการล้างพริกชี้ฟ้า

แดง (hot chilli) ภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ที่มีประสิทธิภาพลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน ทดแทนการใช้สารเคมี ทั้งยังสามารถนำผลผลิตพริกมาแปรรูปในกระบวนการผลิตพริกแห้งที่มีปริมาณสารพิษ อะฟลาทอกซินตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและทำให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนต่อไป

<u>หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์</u>

เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายและหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่รับผิดชอบเกษตรกรผู้ผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งที่มาของข้อมูล

พริกเป็นพืชผักที่มีความสำคัญในการประกอบอาหารประจำวันสำหรับคนไทยและเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก จึงนิยมปลูกพริกเพื่อบริโภคในครัวเรือนและมีการปลูกพริกเพื่อการค้า ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของพริกมีหลากหลายชนิด ได้แก่ พริกป่น น้ำพริก น้ำจิ้มพริก ซอสพริก อาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องบางชนิด อาหารกึ่งสำเร็จรูปที่มีพริกเป็นเครื่องปรุง ส่วนใหญ่แล้วพริกที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์นั้นจะเป็นพริกแห้ง ยกเว้นในซอสพริก และน้ำพริกบางชนิดที่ใช้พริกสดในการแปรรูป ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมปี 2548 พบว่าปัจจุบันมีโรงงานแปรรูปพริกรวม 197 โรงงาน แยกเป็นโรงงานที่ใช้พริกเป็นส่วนประกอบหลัก (พริกป่น พริกแกง น้ำพริก พริกดองและซอสพริก) จำนวน 117 โรงงาน ส่วนใหญ่มีที่ตั้งอยู่ในภาคกลาง 44 โรงงาน ภาคตะวันตก 29 โรงงาน และภาคตะวันออก 27 โรงงาน โรงงานใช้พริกเป็นเครื่องปรุงรส (น้ำจิ้มไก่ น้ำจิ้มสุกี้ เครื่องปรุงในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป แหนม พริกเผาหน้าขนม เป็นต้น) 70 โรงงานและโรงงานที่ใช้พริกเป็นส่วนประกอบอาหารสำเร็จรูปและพร้อมรับประทาน จำนวน 10 โรงงาน นอกจากนี้จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2548 พบว่ามีกลุ่มเกษตรกรผลิตพริกและผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นต้นออกจำหน่ายเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ เป็นจำนวน 99 กลุ่ม ซึ่งข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของพริกกับคนไทยและอุตสาหกรรมแปรรูปพริกยังเป็นอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งพริกและผลิตภัณฑ์จากพริกได้มีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศอีกด้วย สังเกตจากสถิติการส่งออกและการนำเข้าของกรมศุลกากรปี 2549 พบว่า การส่งออกพริกมีทั้งรูปผลสด ซอสพริก พริกแห้ง เครื่องแกงสำเร็จรูป และพริกบดหรือป่น เป็นปริมาณรวม 34,653 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,139 ล้านบาท ชนิดที่ส่งออกเป็นมูลค่ามาก 3 ลำดับแรกเป็นผลิตภัณฑ์พริกที่ได้จากการแปรรูป คือ พริกแกง (1,082 ล้านบาท) ซอสพริก (866 ล้านบาท) และพริกสดหรือแช่เย็น (86 ล้านบาท) สำหรับการส่งออกพริกแห้งมีมูลค่า 66 ล้านบาทแต่มีการนำเข้าเป็นมูลค่าสูงถึง 693 ล้านบาท โดยนำเข้ามากที่สุด 3 ลำดับแรก จากประเทศอินโดนีเซีย (564 ล้านบาท) พม่า (81 ล้านบาท)และจีน (26 ล้านบาท) อย่างไรก็ตามการนำเข้าพริกในรูปของพริกแห้งและพริกป่น ยังมีความต้องการอยู่ เนื่องจากอุตสาหกรรมทำซอสพริกและพริกแกงต้องใช้พริกในปริมาณมากและต่อเนื่อง แต่มีปัญหาเรื่องคุณภาพนำเข้า ทำให้สีของซอสมีสีอ่อนเกินไปจึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าพริกแห้งเพื่อใช้สำหรับแต่งเติมเพื่อปรับปรุงเรื่องคุณภาพของสี

โดยพริกที่ปลูกในประเทศไทยมี 5 กลุ่มหลักๆ คือ พริกขี้หนูสวน พริกขี้หนูเม็ดใหญ่ พริกชี้ฟ้า พริกยักษ์ และพริกหยวก ในปี 2549/2550 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวพริกรวมทั้งสิ้น 597,157 ไร่ ได้ผลผลิตสดรวม 311,831 ตัน (องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ, 2550) โดยแหล่งปลูกพริกที่สำคัญของประเทศคือจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ โดยมีพื้นที่รวมกันประมาณ 100,000 ไร่ (วีระ, 2549) สำหรับ

การผลิตพริกถึงแม้ว่าจะมีการขยายพื้นที่การปลูกเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศจึงต้องมีการนำเข้าอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเพาะปลูกพริกของเกษตรกรมักประสบปัญหาหลายด้าน จากการศึกษาพบว่าปัญหาสำคัญของการผลิตพริก คือเรื่องของโรคและแมลง ซึ่งโรคและแมลงที่สำคัญได้แก่ โรคกุ้งแห้ง (แอนแทรคโนส) ในช่วงที่อากาศมีความชื้นสูงหรือในช่วงหน้าฝน และการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟในช่วงฤดูแล้งหรือในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง เมื่อเกิดการระบาดของโรคหรือแมลงขึ้นจะทำให้เกิดความเสียหายในการผลิตเป็นอย่างมาก สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการระบาดของโรคและแมลงคือ ระบบการปลูกยังไม่ได้มาตรฐาน เป็นการปลูกที่พึ่งพาธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการผลิตได้ ดังนั้นเพื่อลดการนำเข้าและลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการปลูกพริกของเกษตรกร รัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมการพัฒนาและปรับปรุงสายพันธุ์ วิธีการปลูกและการจัดการให้ได้คุณภาพและมีมาตรฐานยิ่งขึ้นตลอดห่วงโซ่การผลิต ตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การคัดเลือก การล้าง การจัดเก็บ วิธีการเก็บรักษาระหว่างรอการขนส่งและจำหน่าย จนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค หากมีการจัดการที่ดีตั้งแต่เริ่มต้นและทุกขั้นตอนจะสามารถลดปัญหาทั้งด้านคุณภาพและการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogens) สารพิษจากเชื้อรา สารเคมีตกค้างจากขั้นตอนการปลูกและการล้างซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากแหล่งดิน แหล่งน้ำที่ใช้ทางการเกษตร การใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและวัชพืช ขั้นตอนในการเก็บเกี่ยว รวมถึงพนักงานผู้ปฏิบัติด้วย

แนวทางการแก้ไขปัญหาความแห้งแล้งและการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟ ทำได้ทั้งโดยการจัดการน้ำและการใช้พันธุ์พริกที่เหมาะสม ซึ่งเป็นแนวทางที่สำคัญในการลดผลกระทบของความแห้งแล้งและความเสียหายจากการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟ แต่แนวทางการแก้ปัญหาด้วยการจัดการน้ำยังมีข้อจำกัดเรื่องการลงทุน และยังมีการแข่งขันการใช้น้ำระหว่างภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ตลอดทั้งการใช้เพื่ออุปโภคบริโภค ส่วนอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นคือ การใช้พันธุ์พืชที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ยั่งยืน แต่การปรับปรุงพันธุ์ทนแล้งต้องใช้เวลาในการศึกษาและมีการลงทุนมากเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามการใช้การจัดการน้ำทั้งด้านการเขตกรรมร่วมกับการใช้พันธุ์ทนแล้งจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมและได้ผลมากที่สุด ข้อมูลการตอบสนองของพริกเมื่อกระทบแล้งและผลกระทบของความแห้งแล้งดังกล่าวต่อผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต รวมถึงระดับและวิธีการจัดการการให้น้ำที่เหมาะสม จึงมีความสำคัญทั้งในด้านการปรับปรุงพันธุ์พริกให้ทนความแห้งแล้ง เพื่อลดความเสียหายต่อผลผลิตพริกภายใต้สภาวะความแห้งแล้งได้

นอกจากนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาต่อเนื่องทั้งห่วงโซ่การผลิตนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการภายหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดผลิตผล ซึ่งเป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (raw material preparation) ก่อนการแปรรูปอาหาร หรือล้างระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกต่างๆ ที่มีการปนเปื้อน

มากับอาหาร เช่น ดิน โคลน เรือด ขน ฝุ่นละออง เป็นต้น และเพื่อลดอันตราย (food hazard) ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ ได้แก่ อันตรายทางกายภาพ เช่น เศษหิน กรวด โลหะ แก้ว อันตรายทางเคมี (chemical hazard) เช่น วัตถุอันตรายทางการเกษตร (pesticides) และอันตรายทางจุลินทรีย์ (biological hazard) เป็นการลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร รวมถึงลดปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์พริกแห้ง ซึ่งสารพิษอะฟลาทอกซินนี้เป็นหนึ่งในสารพิษที่มักพบว่าปนเปื้อนอยู่ในอาหารเป็นประจำ โดยสารพิษอะฟลาทอกซินเป็นสารพิษซึ่งเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ อันได้แก่ เชื้อรากลุ่ม *Aspergillus flavus, A.parasiticus* และ *A. nomius* แต่ส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อราชนิด *A. flavus* เชื้อราพวกนี้ชอบเจริญเติบโตอยู่บนเมล็ดถั่วลิสงและข้าวโพดเป็นสำคัญ นอกจากนี้เราอาจพบในข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี มันสำปะหลัง หอม กระเทียม พริกแห้ง ฯลฯ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดไว้ว่า ต้องมีอะฟลาทอกซินอยู่ในอาหารไม่เกิน 20 ppb เชื้อราเหล่านี้จะเจริญได้ดีในอาหารที่มีความชื้นระหว่าง 14-30% อะฟลาทอกซินเป็นกลุ่มของสารพิษ แบ่งออกได้หลายชนิดแต่ชนิดที่สำคัญคือ Aflatoxin B1, B2, G1 และ G2 พวกที่จัดอยู่ในชนิด Aflatoxin B1 และ B2 นั้น มีคุณสมบัติเรืองแสงในช่วงสีน้ำเงิน (Blue) ส่วน Aflatoxin G1 และ G2 มีคุณสมบัติเรืองแสงในช่วงสีเขียว (Green) ซึ่ง Aflatoxin B1 เป็นชนิดที่มีความรุนแรงที่สุด รองลงมาคือ G1, B2 และ G2 ตามลำดับ ได้มีการศึกษาความเป็นพิษของสารพิษนี้กันอย่างกว้างขวาง ผลสรุปได้ว่า สารพิษอะฟลาทอกซินไปทำอันตรายต่อเซลล์ตับ โดยมีไขมันสะสมมากที่ตับ ตับแข็ง ตับอักเสบ เลือดออกในตับ เซลล์ตับถูกทำลาย หากได้รับสารพิษนี้ในปริมาณมากถึงระดับหนึ่ง และได้รับเป็นเวลานานก็จะเกิด Hepatocellular carcinoma หรือ Cholangio carcinoma ทำให้เกิดโรคมะเร็งในตับและตายในที่สุด (Peter Guengerich และคณะ, 1996; Hussein และ Brasel, 2001) ดังนั้นกระบวนการล้างที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญในการช่วยลดสิ่งปนเปื้อนทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพดังที่กล่าวมาข้างต้นให้มีปริมาณน้อย รวมทั้งยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จากพริกที่มีคุณภาพ และปลอดภัยต่อผู้บริโภคอีกด้วย

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตอนที่ 1 การเพาะปลูกพริก

1. **การวางแผนการทดลองปลูกพริกแบบ Split plot design in RCBD**

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้ main plot คือ ระดับการให้น้ำ มี 3 ระดับ ได้แก่ ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำทุก5 วัน และให้น้ำทุก10 วัน กำหนดให้ sub plot เป็นพริก 3 พันธุ์ ได้แก่ พริกขี้หนู พริกมันดำ และพริกขี้หนูลูกผสมโดยทำการทดลองในช่วงเดือนธันวาคม 2555 ถึง เมษายน 2556 ทำการทดลองในแปลงทดลองฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับเพาะเมล็ด ได้แก่ เมล็ด

พันธุ์พริก ถาดเพาะ และใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก ซึ่งทำการเพาะเมล็ดเป็นเวลาประมาณ 1 เดือนก่อนย้ายปลูกเตรียมแปลงขนาด 0.8X 1.5 เมตร โดยยกร่องลึก 0.3 เมตร กำหนดให้ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร และระยะห่างระหว่างซ้ำ 1.5 เมตรติดตั้งระบบน้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด โดยติดตั้งตามตารางการสุ่มการให้น้ำ เมื่อต้นกล้ามีอายุและขนาดที่เหมาะสม จึงทำการย้ายกล้าปลูกแบบสามเหลี่ยมสลับฟันปลาทำการปลูกพริกจำนวน2 แถวต่อ 1 แปลงระยะห่างระหว่างแถว 0.5 เมตรโดยมีระยะระหว่างต้นต่างแถว0.8 เมตร และระยะห่างระหว่างต้นในแถวเดียวกัน0.65เมตร หลังจากย้ายกล้าครบจำนวนทั้งหมดแล้ว ใช้ฟางที่เตรียมไว้คลุมแปลงเพื่อป้องกันวัชพืช ให้ปุ๋ยสูตรต่างๆดังนี้

1) สูตร 46-0-0 อัตรา 5 กิโลกรัม แบ่งให้ 2 ครั้ง
   - ครั้งที่ 1ตอนเตรียมแปลงปลูก
   - ครั้งที่ 2 ช่วงพริกออกดอก
2) สูตร 15-15-15 อัตรา 3 กิโลกรัม
   - วันที่ 11 เมษายน 2556

3) ควบคุมการให้น้ำในระดับต่างๆ มี 3 ระดับ ดังนี้
   - ให้น้ำวันเว้นวัน
   - ให้น้ำทุก5 วัน
   - ให้น้ำทุก10 วัน

2. ข้อมูลที่ตรวจวัด

2.1 ข้อมูลดิน ทำการวัดความชื้นดินด้วยเครื่องมือวัดความชื้นดิน ทุกๆ 10 วัน โดยเก็บ plot ละ 1 จุด โดยเริ่มเก็บข้อมูลเมื่อพืชมีอายุ 45 วันหลังย้ายปลูก

2.2 ข้อมูลพืช โดยเก็บข้อมูลเมื่อพืชมีอายุ 45,55,65 และ 75วันหลังจากวันปลูกเช่น ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง และข้อมูลด้านสรีรวิทยาดังนี้

- ความสูง โดยวัดจากพริกแต่ละสายพันธุ์จำนวน 5 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วนำมาคำนวณหาค่าความสูงเฉลี่ย โดยวัดจากโคนต้นระดับผิวดินจนถึงยอดสูงที่สุด

- ขนาดทรงพุ่มโดยวัดจากพริกแต่ละสายพันธุ์จำนวน 5 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วนำมาคำนวณหาขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย โดยวัดทรงพุ่มที่กว้างที่สุดของพริกจากทรงพุ่มด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งโดยวัดขนานกับพื้นดินแล้วบันทึกค่า

- จำนวนกิ่งแขนงโดยวัดจากพริกแต่ละสายพันธุ์จำนวน 5 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนกิ่งแขนงเฉลี่ย ทำการตรวจวัดโดย นับกิ่งแขนงทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนลำต้นหลัก

- SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) โดยวัดจากใบที่อยู่แขนงสุดท้ายของยอด ด้วยเครื่อง SPAD chlorophyll meter วัดในช่วงเวลา 9.00 - 11.00 เมื่อพืชมีอายุ 45,55,65 และ 75วัน หลังจากวันปลูก

ตอนที่ 2 กระบวนการล้างพริกสดและการผลิตพริกแห้ง

1. การเตรียมตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากการหมักผลเชอร์รี่เปรี้ยว

ดูดส่วนใสของน้ำหมักเชอร์รี่เปรี้ยวอัตราส่วน 1:3 (ปิยะวรรณ กาสลัก และ รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์, 2553) Centrifuge ที่อุณหภูมิ 4 °C ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อตกตะกอนและเก็บส่วนใส่เพื่อนำไปใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวล้างพริก

2. สารทำความสะอาด / สารฆ่าเชื้อที่ใช้ล้างพริกสด

ตารางที่ 1 สารทำความสะอาดที่ใช้ในกระบวนการล้างพริกสด

สารทำความสะอาด/สารฆ่าเชื้อ	ความเข้มข้น (ppm)
น้ำกลั่น (control)	-
น้ำประปา	-
สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($Ca(ClO)_2$)	50, 100, 150, 200
สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากการหมักผลเชอร์รี่เปรี้ยว (BSF)	50, 100, 150, 200

3. ขั้นตอนการล้าง

การทดลองใช้พริกชี้ฟ้าแดง (hot chilli) เป็นตัวแทนในการศึกษา ทำการล้างในน้ำทำความสะอาดทั้ง 4 ประเภทดังตารางที่ 1 ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ โดยใช้พริกสดหนัก 500 กรัมต่อการทดลอง 1 ครั้ง ทำการล้าง 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกล้างในน้ำเปล่าที่บรรจุน้ำ 10 ลิตร เป็นเวลา 30 วินาที (ขั้นตอนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับพริก) แล้วนำพริกสดขึ้นสะเด็ดน้ำ 1 นาที ขั้นตอนที่ 2 เป็นการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากการหมักผลเชอร์รี่เปรี้ยว (BSF) ด้วยการแช่ นาน 5 นาที จึงนำพริกขึ้นสะเด็ดน้ำ แบ่งตัวอย่างพริกสดสำหรับทำพริกแห้งด้วยตู้อบ (oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น UNE 800) และ Tray dryer ขั้นตอนการล้างพริกสดเป็นการทำความสะอาดแบบเปียก (wet cleaning) แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ขั้นตอนในการล้างพริกสด

4. ขั้นตอนการผลิตพริกแห้ง

พริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างดังรูปที่ 1 นำไปลวกในน้ำร้อน นาน 3 นาที จากนั้นตั้งพักสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 60 วินาที นำพริกขึ้นมาใส่ถาด เกลี่ยให้กระจายทั่วไม่ซ้อนทับกัน แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบ (oven ยี่ห้อ memmert รุ่น UNE 800) ที่อุณหภูมิ 65 – 70 °C นาน 11 ชั่วโมง และตู้อบลมร้อน (tray dryer ยี่ห้อง POP Thailand รุ่น 135/60/180) ที่อุณหภูมิ 65 – 70 °C นาน 9 ชั่วโมง ขั้นตอนการทำพริกแห้งแสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำพริกแห้ง

หมายเหตุ: พริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบและตู้อบลมร้อน ต้องมีความชื้นไม่เกิน 13.50% (อ้างใน มกษ. 3001-2553)

ตอนที่ 3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพของพริกสดและพริกแห้ง

1. วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

เก็บตัวอย่างพริกที่ใช้สำหรับทดสอบ 250 กรัม การเก็บตัวอย่างเป็นไปด้วยหลักการ aseptic technique ตลอดการทดลอง นำตัวอย่างพริกสดและพริกแห้งมาหาปริมาณ Total bacteria count (cfu/g), *Escherichia coli* (cfu/g), *Staphylococcus aureus* (cfu/g), *Samonella* spp. (FDA-BAM 2003), *Bacillus cereus* (FDA-BAM 2001), ยีสต์และรา รายละเอียดวิธีทดสอบดังภาคผนวก

2. วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิธีวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin)

เก็บตัวอย่างพริกสดและพริกแห้งหนักจากตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (เพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์) มาปั่นด้วย blender ชั่งตัวอย่างพริกปั่นละเอียด 20 กรัม นำไปวิเคราะห์หาสารอะฟลาทอกซินด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) รายละเอียดวิธีทดสอบดังภาคผนวก

วิธีการวัดปริมาณความชื้น

โดยใช้เครื่อง Moisture Analyser (Precisa รุ่น HA300)

วิธีวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w)

โดยใช้เครื่อง Water activity meter (AQUA LAB รุ่น CX3TE)

3. วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ (Hunter Lab รุ่น Colour Quest XE)

ชั่งตัวอย่างพริกสดและพริกแห้งปริมาณ 25 กรัม ทำการวัดค่าสี L*a*b* ด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น Colour Quest XE

ตอนที่ 4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยการทดลอง โดยใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์ทางสถิติ Statistic เวอร์ชัน 8 (ตอนที่ 1) นำข้อมูลทั้งหมดของการวิจัย (ตอนที่ 2 และ 3) มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์แบบ CRD แบบจำนวนซ้ำเท่ากัน

บทที่ 3
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลของการจัดการระบบน้ำต่อการเจริญเติบโตของพริก

ผลของการจัดการระบบน้ำต่อความสูงของต้นพริก

ผลจากการศึกษาการเจริญเติบโตของพริกจำนวน 3 พันธุ์ โดยการเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง ปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 วัน ภายใต้การควบคุมการให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำทุก 5 และให้น้ำทุก 10 วัน พบว่าค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงความสูงของพริกทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามพริกที่มีแนวโน้มความสูงที่สูงที่สุดคือพริกขี้หนูลูกผสม ส่วนพริกขี้หนูและพริกมันดำมีความสูงที่ไม่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงความสูงของพริกที่ให้น้ำในระดับที่ต่างกันพบว่าเมื่อพริกมีอายุ 55 วัน และ 75 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พริกที่มีอายุ 45 65 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความสูงของพริกแต่ละพันธุ์ 3 สายพันธุ์ ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

สายพันธุ์	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
พริกขี้หนู	29.8	37.2	40.2	46.0
พริกมันดำ	30.1	36.9	39.7	44.6
พริกขี้หนูลูกผสม	35.3	40.3	43.0	48.7
	ns	ns	ns	ns
CV (%)	22.4	21.0	15.9	15.5

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความสูงของพริกภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

การให้น้ำ	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
ให้น้ำเพียงพอ	30.7	42.0^{a}	40.6	47.6^{ab}
ขาดน้ำปานกลาง	33.2	34.1^{b}	42.4	42.2^{b}
ขาดน้ำรุนแรง	31.3	38.4^{ab}	40.0	49.4^{a}
	ns	*	ns	*
CV (%)	22.4	21.0	15.9	15.5

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)
(*) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของการจัดการระบบน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มพริก

การเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มของพริกทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าเมื่อพริกอายุ 55 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พริกที่มีอายุ 45 65 และ 75 วัน มีขนาดทรงพุ่มที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) การเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มของพริกที่ให้น้ำระดับที่ต่างกัน พบว่าพริกที่มีอายุ 45 วัน และ 65 วัน มีขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พริกที่มีอายุ 55 วัน และ 75 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยพริกขี้หนูลูกผสมเป็นเป็นพริกที่มีทรงพุ่มข่อนข้างใหญ่และมีลำต้นที่ใหญ่ด้วย

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มของพริก 3 สายพันธุ์ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ทรีตเมนต์	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
พริกขี้หนู	26.4	35.2[b]	40.0	45.0
พริกมันดำ	28.3	35.1[b]	41.3	45.5
พริกขี้หนูลูกผสม	33.2	39.3[a]	41.0	45.7
	ns	*	ns	ns
CV (%)	28.4	26.2	19.2	21.2

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)
(*) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มของพริกสายพันธุ์ต่างๆภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

การให้น้ำ	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
ให้น้ำเพียงพอ	28.2	39.7[a]	39.7	46.3[ab]
ขาดน้ำปานกลาง	30.4	31.8[b]	41.3	40.8[b]
ขาดน้ำรุนแรง	29.4	38.0[ab]	39.9	49.1[a]
	ns	*	ns	*
CV (%)	22.4	21.0	15.9	15.5

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)
(*) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของการจัดการระบบน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนกิ่งของพริก

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนกิ่งแขนงของพริกทั้ง 3 พันธุ์ มีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ พบว่าพริกที่มีอายุ 45 55 และ 65 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พริกที่อายุ 75 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ (ตารางที่ 6) จำนวนกิ่งแขนงที่มีระดับการให้น้ำที่ต่างกัน พบว่าเมื่ออายุ 45 55 และ 75 วัน มีกิ่งแขนงไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พริกที่อายุ 65 วัน มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนกิ่งแขนงของพริก 3 สายพันธุ์ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ทรีตเมนต์	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
พริกขี้หนู	4.4	4.2	4.7	6.0[b]
พริกมันดำ	4.5	3.7	4.7	6.6[b]
พริกขี้หนูลูกผสม	4.4	4.2	4.8	6.8[a]
	ns	ns	ns	*
CV (%)	33.5	36.2	22.9	13.8

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)
(*) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนกิ่งแขนงของพริกสายพันธุ์ต่างๆภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

การให้น้ำ	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
ให้น้ำเพียงพอ	3.6	4.1	4.4[b]	6.5
ขาดน้ำปานกลาง	4.7	3.7	5.4[a]	6.0
ขาดน้ำรุนแรง	5.1	4.4	5.4[a]	6.9
	ns	ns	*	ns
CV (%)	22.4	21.0	15.9	15.5

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)
(*) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของการจัดการระบบน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของพริก

chlorophyll ซึ่งเป็นรงค์วัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช Bhagsiri and Brown (1976) ได้รายงานว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักใบจำเพาะ (SLA) ปริมาณไนโตรเจนในใบ และอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชและมีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนาแน่นของปากใบ แต่วิธีการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์มีความยุ่งยากและต้องใช้ค่าใช้จ่ายมาก กล่าวคือมีขั้นตอนในการสกัดคลอโรฟิลล์หลายขั้นตอนและต้องใช้สารเคมีและเครื่องมือที่มีราคาแพง ดังนั้นจึงได้มีการใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) มาช่วยในการประเมินโดยทางอ้อม โดย

การวัดสีใบเพื่อใช้อ้างอิงในการวัด chlorophyll ค่า SCMR ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงทนแล้งเนื่องจากเครื่องวัดมีขนาดเล็ก อ่านค่าได้รวดเร็ว สามารถใช้กับงานในไร่ที่มีประชากรพืชจำนวนมากได้ Nageswara Rao et al. (2001) พบว่า ค่า SCMR มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับ SLA (r=0.77) ซึ่งสามารถช่วยในการจำแนกกลุ่มพันธุ์ในถั่วลิสงที่มีค่า SLA ต่ำ และมีค่า transpiration efficiency สูงได้รวดเร็วขึ้น แต่ยังไม่มีการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้เครื่อง SCMR ในพริกมาก่อน จากการศึกษานี้พบว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่มีการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 วัน ในช่วงแรกจะเพิ่มขึ้นและมีปริมาณลดลงเมื่อพริกมีอายุ 65 วัน และกลับมาเพิ่มขึ้นในวันที่ 75 พบว่าเมื่อพริกมีอายุ 55 และ65 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพริกที่อายุ 45 และ 75 วันนั้น ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8) พริกที่ให้น้ำต่างกัน 3 ระดับนั้นมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อมีอายุ 55 และ 65 วัน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออายุ 75 วัน พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของพริก 3 สายพันธุ์ภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ทรีตเมนต์	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
พริกขี้หนู	74.3	69.9[ab]	69.6[b]	75.9
พริกมันดำ	73.9	75.1[a]	72.1[a]	77.4
พริกขี้หนูลูกผสม	73.3	68.4[b]	70.9[ab]	79.2
	ns	*	*	ns
CV (%)	12.5	11.2	11.9	10.6

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)
(*) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของพริกสายพันธุ์ต่างๆภายใต้การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

การให้น้ำ	อายุหลังย้ายปลูก			
	45 วัน	55 วัน	65 วัน	75 วัน
ให้น้ำเพียงพอ	74.2	69.9	23.8	77.9
ขาดน้ำปานกลาง	71.7	75.1	24.1	77.4
ขาดน้ำรุนแรง	75.7	68.4	28.0	79.2
	ns	ns	ns	ns
CV (%)	22.4	21.0	15.9	15.5

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
CV (%) = ค่าด้วยสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of variation)
(*) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 2 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพของพริกสด (พริกชี้ฟ้าแดง ; hot chilli)

2.1 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ ในตัวอย่างพริกสด

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการล้างพริกด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($Ca(ClO)_2$) และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (BSF) เปรียบเทียบกับพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา (C3) โดยสารทั้ง 2 ชนิดที่นำใช้ในกระบวนการล้างพริกสดเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ความเข้มข้นที่ใช้คือ 50, 100, 150 และ 200 ppm จากผลการทดลองในตารางที่ 10 พบว่าปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เหลืออยู่ในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$เข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 ppm และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (BSF) เข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 ppm มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่ตรวจพบหลังจากกระบวนการล้างไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานดัชนีคุณภาพ (6.00 Log cfu/g) พริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา $Ca(ClO)_2$ และ BSF มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่ตรวจพบหลังกระบวนการล้างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) พริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ เข้มข้น 100 ppm มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 4.05 Log cfu/g เมื่อเปรียบเทียบกับพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ *S. aureus* ในพริกที่ผ่านการล้างด้วยสารทั้ง 2 ชนิด พบว่าทุกปัจจัยที่ทำการศึกษามี *S. aureus* ที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานดัชนีคุณภาพ (2.00 Log cfu/g) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) โดยที่พริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ เข้มข้น 150 และ 200 ppm มี *S. aureus* ต่ำที่สุด คือ 2.60 Log cfu/g และเมื่อทำการตรวจส่วนปริมาณ *B. cereus* หลังจากการล้างด้วยน้ำประปา พบเท่ากับ 2.89 Log cfu/g ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานดัชนีคุณภาพ (3.00 Log cfu/g) อย่างไรก็ตามพริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าการล้างด้วยน้ำประปา การล้างด้วย BSF ทุกความเข้มข้นสามารถลดปริมาณ *B. cereus* ได้ทั้งหมด สำหรับ *Escherichia coli* พบว่าหลังจากการล้างด้วยน้ำประปา เท่ากับ 6.30 Log cfu/g ซึ่งปริมาณที่ตรวจพบนี้สูงกว่าเกณฑ์เกณฑ์มาตรฐานดัชนีคุณภาพ (2.00 Log cfu/g) แต่การล้างด้วย BSF ทุกความเข้มข้น (50, 100, 150 และ 200 ppm) สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ทั้งหมด การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา ในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยสารต่างๆ พบว่าการล้างพริกด้วยน้ำประปา $Ca(ClO)_2$ และ BSF ทุกความเข้มข้นหลังกระบวนการล้างไม่สูงกว่าเกณฑ์เกณฑ์มาตรฐานดัชนีคุณภาพ (4.00 Log cfu/g) เชื้อรา พบว่าการล้างด้วยน้ำประปา ไม่เพียงพอต่อการลดการปนเปื้อนของรา ตรวจพบเท่ากับ 2.81 Log cfu/g ซึ่งเป็นจำนวนที่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด (<2.69 Log cfu/g) ปริมาณที่ตรวจพบเชื้อยีสต์และราในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยสารต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) *Salmonella* spp. พบว่าการล้างด้วยน้ำประปา และ $Ca(ClO)_2$ ทุกความเข้มข้น สามารถลดระดับ *Salmonella* spp. ได้ตามดัชนีคุณภาพกำหนด (*Salmonella* spp = ไม่พบ) ส่วนการล้างด้วย BSF พบว่าที่ความเข้มข้น 100, 150 และ 200 ppm ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อดังกล่าวซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด

จากผลการทดลองตารางที่ 11 แสดงให้ทราบถึงร้อยละที่มากกว่าหรือน้อยกว่าของการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ โดยเป็นการประเมินเปรียบเทียบสารทั้ง 2 ชนิด (สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ) กับน้ำประปาที่นำมาล้างพริกสด ซึ่งเป็นน้ำที่มีการนำไปใช้ในกระบวนล้างทั่วไป พบว่าพริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ เข้มข้น 100

ppm เท่านั้นที่ตรวจพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่าพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 1.70 และ การล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF ทุกความเข้มข้นมีปริมาณ *S. aureus* น้อยกว่าพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา พริกสดที่ล้างด้วย $Ca(Clo)_2$ 150 และ 200 ppm ตรวจพบเชื้อดังกล่าวน้อยกว่าพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 35.16 นอกจากนี้ยังพบว่าพริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ พบ *B.cereus* และ *E.coli* คิดเป็นร้อยละน้อยกว่าพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) ทุกความเข้มข้น ซึ่งความเข้มข้น 200 ppm คงเหลือปริมาณเชื้อดังกล่าวที่น้อยกว่าพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 75.78 และ 3.81 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพริกสดที่ล้างด้วย BSF ทุกความเข้มข้นไม่พบการปนเปื้อนของ *B.cereus* และ *E.coli* ปริมาณเชื้อยีสต์และราในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF เข้มข้น 200 ppm สามารถลดปริมาณการปนเปื้อนเชื้อยีสต์ได้ดีที่สุด การล้างด้วยสารลดแรงตึงผิวชีวภาพความเข้มข้นดังกล่าวมีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปาคิดเป็นร้อยละน้อยกว่าพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา ซึ่งที่ความเข้มข้น 200 ppm มีปริมาณเชื้อดังกล่าวที่น้อยกว่าพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 13.04 กรณีของชื้อราพบว่าพริกสดที่ผ่านการล้าง BSF เข้มข้น 100 – 150 ppm มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดการปนเปื้อนของเชื้อรา ปริมาณที่ตรวจพบนั้นคิดเป็นร้อยละน้อยกว่าพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) ร้อยละ 64.41

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 10 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านจุลินทรีย์ ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

จุลินทรีย์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัย	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								ระดับเกณฑ์มาตรฐาน	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF						
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200			
Total Bacteria Count (Log cfu/g)	5.91^{e}	4.89^{bc}	4.12^{a}	4.12^{a}	4.05^{a}	5.83^{e}	5.75^{e}	5.17^{d}	5.15^{cd}	4.99^{cd}	4.70^{b}	< 6.00 Log cfu/g	0.00	0.00
Staphylococcus aureus (Log cfu/g)	3.78^{e}	3.60^{d}	4.01^{f}	3.11^{c}	2.70^{ab}	2.60^{a}	2.60^{a}	2.63^{ab}	2.71^{ab}	3.03^{c}	2.74^{b}	< 2.00 Log cfu/g	100.00	0.00
Bacillus cereus (Log cfu/g)	3.00	2.46	2.89	1.84	1.78	1.78	0.70	ND	ND	ND	ND	< 3.00 Log cfu/g	0.00	-
Escherichia coli (Log cfu/g)	4.84	3.51	6.30	6.18	6.11	6.07	6.06	ND	ND	ND	ND	< 2.00 Log cfu/g	63.63	-
Yeast (Log cfu/g)	2.08	1.48	1.84	2.48	ND	1.48	ND	1.60	2.15	2.08	1.60	< 4.00 Log cfu/g	0.00	-
Mold (Log cfu/g)	3.64	2.58	2.81	1.90	1.78	1.30	ND	1.70	1.00	1.00	1.30	< 2.69 Log cfu/g	27.27	-
Salmonella spp.	พบ	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-

หมายเหตุ : ND = not detected C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

ตารางที่ 11 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา

จุลินทรีย์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัย	C3 (น้ำประปา) Log cfu/g	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
		C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
Total Bacteria Count	4.12	> 43.45	>18.69	0.00	< 1.70	> 41.50	> 39.56	> 25.25	> 25.00	> 21.12	> 14.08
Staphylococcus aureus	4.01	< 5.74	< 10.22	< 22.44	< 32.67	< 35.16	< 35.16	< 34.41	< 32.42	< 24.44	< 31.67
Bacillus cereus	2.89	> 3.81	< 14.88	< 36.33	< 38.41	< 38.41	< 75.78	ND	ND	ND	ND
Escherichia coli	6.30	< 23.17	< 44.29	< 1.90	< 3.02	< 3.65	< 3.81	ND	ND	ND	ND
Yeast	1.84	> 61.69	< 19.75	> 34.78	ND	< 19.75	ND	< 13.04	> 16.58	> 13.04	< 13.04
Mold	2.81	> 29.54	> 8.19	< 32.38	< 36.65	< 53.74	ND	< 39.50	< 64.41	< 64.41	< 53.74
Salmonella spp.	ไม่พบ	พบ	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : > หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

< หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

0.00 หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

ND = not detected

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี ในตัวอย่างพริกสด

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยน้ำกลั่น (C2), น้ำประปา (C3), $Ca(ClO)_2$ 50-200 ppm และ BSF 50-200 ppm มีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) พริกสดที่ไม่ผ่านการล้าง (C1) สูงสุดเท่ากับ 4.40 µg/kg พริกสดล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 150 ppm มีปริมาณของสารพิษอะฟลาทอกซินต่ำสุดเท่ากับ 1.00 µg/kg อย่างไรก็ตามปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษดังกล่าวในพริกสดที่ทำการศึกษาก็อยู่ในระดับที่ไม่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 20 µg/kg) แสดงดังรูปที่ 5 นอกจากปัจจัยเสี่ยงสูงสุดของสารพิษอะฟลาทอกซินแล้วปริมาณความชื้น (% moisture) ที่แตกต่างในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยสารต่างๆ พบว่าพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารต่างมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) โดยที่พริกสดที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ เข้มข้น 150 ppm มีปริมาณความชื้นสูงสุดเท่ากับ 76.23% ต่ำสุดในพริกสดที่ไม่ผ่านการล้าง (C1) ปริมาณน้ำอิสระ (aw) ในพริกสด พบว่าในพริกสดทุกตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้างและที่ผ่านการล้างด้วยสารต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 1.00)

ตารางที่ 13 แสดงผลร้อยละที่เมื่อพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเปรียบเทียบค่าร้อยละที่มากกว่าหรือน้อยกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) พบว่าสารพิษอะฟลาทอกซินในพริกสดที่ล้างด้วยสารทั้ง 2 ชนิด พบว่าพริกสดที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 150 ppm มีปริมานสารพิษอะฟลาทอกซินน้อยที่สุดและเมื่อเทียบกับพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา น้อยกว่าคิดเป็นร้อยละ 51.92 แต่กรณีของ BSF ที่ความเข้มข้น 200 ppm มีปริมานน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 7.69 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณความชื้นของพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยสารทั้ง 2 ชนิด มีร้อยละปริมานความชื้นที่มากกว่าพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา (C3) ทุกความเข้มข้น โดยที่พริกสดที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 150 ppm มีร้อยละที่มากกว่าคิดเป็น 1.45 และปริมาณน้ำอิสระเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบร้อยละเทียบกับพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา จะได้ว่าพริกสดที่ล้างด้วยสารทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าพริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา (C3) สำหรับพริกสดล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 150 และ 200 ppm มีร้อยละปริมาณน้ำอิสระที่น้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา ที่สุดคิดเป็นร้อยละ 1.01

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 12 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านเคมี ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								ระดับเกณฑ์มาตรฐาน	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF						
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200			
สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin, µg/kg)	4.40^{h}	2.50^{d}	2.08^{c}	4.10^{g}	3.20^{e}	1.00^{a}	3.30^{ef}	3.40^{f}	2.20^{c}	4.10^{g}	1.92^{b}	<20µg/kg	0.00	0.00
ความชื้น (% moisture)	72.14^{a}	75.32^{b}	75.14^{c}	76.21^{d}	76.08^{def}	76.23^{d}	76.19^{def}	76.01^{ef}	76.14^{de}	76.02^{f}	76.11^{ef}	-	-	0.00
วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activity, a_w)	0.981^{a}	0.993^{a}	0.991^{a}	0.988^{a}	0.985^{a}	0.981^{a}	0.981^{a}	0.983^{a}	0.988^{a}	0.991^{a}	0.986^{a}	-	-	1.00

หมายเหตุ : C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 13 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านเคมี ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา

ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี	C3 (น้ำประปา)	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
		C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin, µg/kg)	2.08	> 111.54	> 20.19	> 97.12	> 53.85	< 51.92	> 58.65	> 63.46	> 5.77	> 97.12	< 7.69
ความชื้น (% moisture)	75.14	< 4.00	> 0.24	> 1.42	> 1.25	> 1.45	> 1.40	> 1.16	> 1.33	> 1.17	> 1.29
วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activity, a_w)	0.991	< 1.01	> 0.20	< 0.30	< 0.61	< 1.01	< 1.01	< 0.81	< 0.30	0	< 0.50

หมายเหตุ : > หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

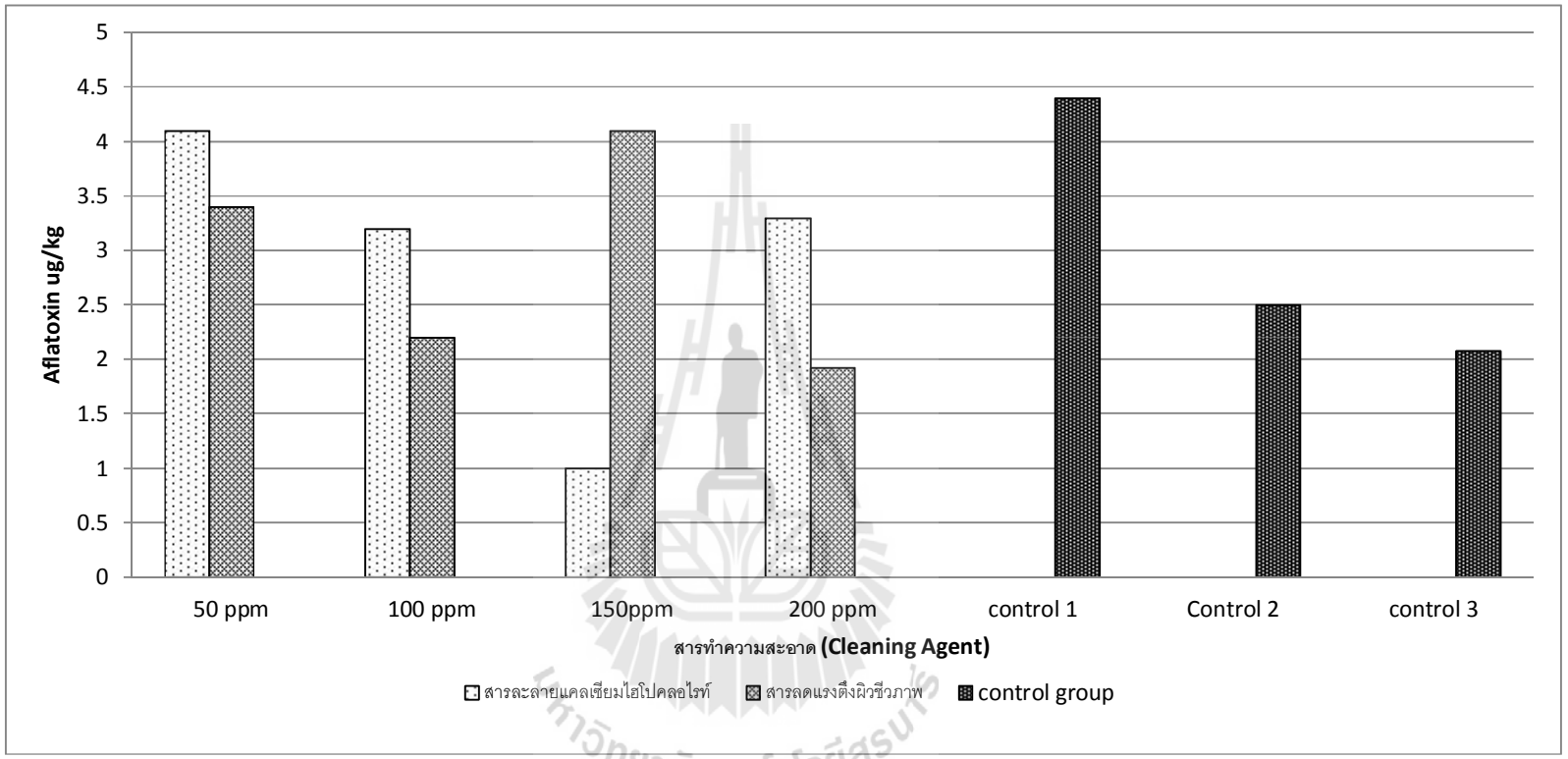
< หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

0.00 หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

ND = not detected

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

หมายเหตุ : control group มีรายละเอียดดังนี้ C1 = พริกสดที่ไม่ผ่านการล้าง C2 = พริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่น C3 = พริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา
ปริมาณสารอะฟลาทอกซินสามารถมีในพริกสดได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อ 1 กิโลกรัม (อ้างใน ประกาศกระทรวงสาธารณะสุข, 2553)

2.3 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านกายภาพ ในตัวอย่างพริกสด

ตารางที่ 14 แสดงผลการประเมินค่าสีระบบ Hunter lab (L* a* b*) พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a*) และค่าแสดงความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b*) ในพริกสดที่ล้างด้วยสารต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) โดยค่า L* สูงสุดพบในพริกที่ล้างด้วย BSF 200 ppm เท่ากับ 47.44 ที่ความเข้มข้นเดียวกันนี้มีค่า a* = +31.87, b* = 15.60 สูงกว่าพริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 200 ppm และน้ำประปา (C3) อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นต่ำลงมา คือ 150 ppm ของ $Ca(ClO)_2$ มีค่า a* = +31.87, b* = 25.74 สูงที่สุด ซึ่งค่าดังกล่าวบอกถึงประสิทธิภาพของสารทำความสะอาดต่อการรักษาสีพริก พริกที่มีคุณภาพดีควรมีสีแดง หรือมีค่า a* เป็นบวกมากที่สุด (a* เป็นบวกแสดงถึงสีแดง) และอยู่ในโทนสว่างหรือมี ค่า b* เป็นบวกสูงสุด (b* เป็นบวกแสดงถึงสีเหลือง) (ภาคผนวก จ ไดอะแกรมสัมประสิทธิ์สี a*, b*)

นอกจากผลการทดลองข้างต้นตารางที่ 15 แสดงผลร้อยละมากกว่าหรือน้อยกว่าของพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา กับที่ผ่านกระบวนการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF พบว่าค่า a* ที่เป็นดัชนีคุณภาพสำคัญที่สุดด้านสีในพริกสดที่ล้างด้วย BSF 200 ppm มีค่า a* เป็นบวกสูงสุดและสูงกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ 341.41 ในขณะที่ความเข้มข้นเดียวกันนี้ของ $Ca(ClO)_2$ มีค่าดังกล่าวสูงกว่าพริกล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 38.78 และยังเป็นค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทุกความเข้มข้นของ BSF แต่ที่ความเข้มข้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 14 ผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์เปรียบเทียบกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

ค่าสีที่ตรวจวัด	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF				
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200	
L* (ความสว่าง)	45.08^{def}	36.63^{a}	42.42^{c}	39.93^{b}	45.41^{ef}	40.14^{ef}	44.26^{d}	45.94^{f}	46.96^{g}	44.57^{de}	47.44^{g}	0.000
a* (สีแดงเขียว)	$+32.03^{i}$	$+15.50^{a}$	$+7.22^{c}$	$+22.71^{e}$	$+27.98^{g}$	$+31.87^{i}$	$+10.02^{b}$	$+20.86^{d}$	$+23.95^{f}$	$+29.06^{h}$	$+31.87^{i}$	0.000
b* (สีเหลืองน้ำเงิน)	$+30.06^{i}$	$+9.45^{b}$	$+10.87^{a}$	$+15.36^{d}$	$+27.90^{h}$	$+25.74^{g}$	$+14.52^{c}$	$+17.32^{e}$	$+19.10^{f}$	$+18.79^{f}$	$+15.60^{d}$	0.000

หมายเหตุ : C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

L* (Lightness) หมายถึง ค่าความสว่างของสีโดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยที่ a^{+} หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีแดง, a^{-} หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ b^{+} หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีเหลือง, b^{-} หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 15 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา ของพริกสดที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์และกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

คุณภาพด้านสี (L a b*)	C3	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
		C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
L* (ความสว่าง)	42.42	> 6.27	< 13.65	< 5.87	> 7.05	< 5.37	> 4.34	> 8.30	> 10.70	> 5.07	> 11.83
a* (สีแดงเขียว)	+7.22	> 343.63	> 114.68	>214.54	>287.54	>341.41	>38.78	>188.92	>231.72	>302.49	>341.41
b* (สีเหลืองน้ำเงิน)	+10.87	>176.54	<13.06	> 41.31	>156.67	>136.80	> 33.58	> 59.34	> 75.71	> 72.86	> 43.51

หมายเหตุ : > หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

< หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

0.00 หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

L* (Lightness) หมายถึง ค่าความสว่างของสีโดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยที่ a^+ หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีแดง, a^- หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ b^+ หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีเหลือง, b^- หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 3 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพของพริกแห้ง (พริกชี้ฟ้าแดง ; hot chilli) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

3.1 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ ในพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในพริกแห้ง ซึ่งเป็นพริกที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$และ BSF มาผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยตู้อบ (Oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น UNE 800) อุณหภูมิ 65 – 70 °C นาน 11 ชั่วโมง พบว่า (ตารางที่ 16) $Ca(Clo)_2$ 100 - 200 ppm และ BSF ที่ความเข้มข้น 150 -200 ppm ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมด และพริกสดหลังล้างด้วยสารทำความสะอาดทุกชนิดที่ใช้ล้างรวมถึงน้ำประปา (C3) ก่อนนำมาทำแห้งด้วยตู้อบมีปริมาณจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่ไม่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (<6.00 Log cfu/g) และพบว่าการล้างด้วยน้ำประปา (C3) แล้วนำมาทำแห้งตรวจพบ *S.aureus* เท่ากับ 1.60 Log cfu/g , *E.coli* เท่ากับ 3.32 Log cfu/g จำนวนที่ตรวจพบนี้สูงกว่ามาตรฐานกำหนด (<1.00 Log cfu/g, 3.00 Log cfu/g ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามพริกที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF ทุกความเข้มข้น แล้วนำมาทำแห้งเมื่อตรวจวิเคราะห์ไม่พบการปนเปื้อนของ *S.aureus* และ *E. coli* แต่ พบ *B.cereus* ในพริกหลังล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF ปริมาณที่พบไม่สูงเกินมาตรฐานกำหนด (<3.00 Log cfu/g) ยกเว้นพริกที่ล้างด้วย BSF 200 ppm ไม่พบ *B.cereus* ในพริกแห้งด้วยวิธีการใช้ตู้อบเลย สำหรับเชื้อยีสต์และราที่หลงเหลือหลังกระบวนการล้างและทำแห้งด้วยตู้อบ ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 เช่นเดียวกับ *Salmonella* spp.

จากผลการทดลองตารางที่ 17 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ ร้อยละมากหรือน้อยกว่าเทียบกับพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา พบว่าพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 50 ppm ก่อนแปรรูปเป็นพริกแห้ง มีร้อยละการปนเปื้อนของแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า พริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ 1.36 ที่ความเข้มข้นของสารดังกล่าว 100-200 ppm ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียทั้งหมด แต่พริกที่ล้างด้วย BSF 50 ppm ก่อนทำแห้งพบว่ามีร้อยละปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดสูงกว่าพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาก่อนทำแห้ง คิดเป็นร้อยละ 16.48 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่าสารทั้ง 2 ชนิด สามารถลดจำนวนการปนเปื้อนเชื้อได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำประปา ผลที่ตรวจพบคือ ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อทั้งสองโดยสิ้นเชิง แต่พบเชื้อทั้งสองในพริกที่ล้างด้วยน้ำประปาแล้วนำไปทำแห้งเท่ากับ 1.60 และ 3.32 Log cfu/g ตามลำดับ สำหรับ *B. cereus* Yeast และ Mold ตรวจไม่พบ (ND = not detected) การปนเปื้อนจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ทั้งในพริกที่ล้างด้วยนำประปา $Ca(ClO)_2$ และ BSF เช่นเดียวกับ *Salmonella* spp. ที่ตรวจไม่พบการปนเปื้อน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน (*Salmonella* spp. = ไม่พบ)

ตารางที่ 16 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านจุลินทรีย์ ของพริกที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

จุลินทรีย์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัย	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								ระดับเกณฑ์มาตรฐาน	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF						
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200			
Total Bacteria Count (Log cfu/g)	2.56	2.56	2.99	2.95	ND	ND	ND	3.58	2.94	ND	ND	< 6.00 Log cfu/g	0.00	-
Staphylococcus aureus (Log cfu/g)	ND	ND	1.60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 1.00 Log cfu/g	9.09	-
Bacillus cereus (Log cfu/g)	ND	ND	ND	4.11	2.50	2.40	2.04	3.60	2.15	1.00	ND	< 3.00 Log cfu/g	18.18	-
Escherichia coli (Log cfu/g)	ND	ND	3.32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 2.00 Log cfu/g	9.09	-
Yeast (Log cfu/g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 2.00 Log cfu/g	0.00	-
Mold (Log cfu/g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 2.00 Log cfu/g	0.00	-
Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-

หมายเหตุ : ND = not detected C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

ตารางที่ 17 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา และทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

จุลินทรีย์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัย	C3 (น้ำประปา)	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
	Log cfu/g	C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
Total Bacteria Count	2.99	< 14.38	< 1.34	< 1.36	ND	ND	ND	> 16.48	< 1.70	ND	ND
Staphylococcus aureus	1.60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bacillus cereus	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	ND
Escherichia coli	3.32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Yeast	ND	-	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Mold	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : > หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
< หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
0.00 หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)
ND = not detected

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี ในพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

ตารางที่ 18 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านเคมี สารอะฟลาทอกซินพบสูงสุดในพริกที่ล้างด้วยน้ำกลั่น (C2) น้ำประปา (C3) BSF 50 ppm และไม่ผ่านการล้าง (C1) เท่ากับ 39.90, 25.80, 25.70 และ 25.60 µg/kg ตามลำดับ ต่ำสุดในพริกแห้งล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 200 ppm เท่ากับ 18.00 µg/kg ซึ่งปริมานที่ตรวจพบสูงกว่ามาตรฐานพริกแห้งกำหนด (ไม่เกิน15µg/kg) แสดงดังรูปที่ 6 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) เช่นเดียวกับปริมาณความชื้น (% moisture) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) โดยที่พริกแห้งไม่ผ่านการล้าง มีปริมาณความชื้นสูงสุดเท่ากับ 11.64% ต่ำสุดในพริกล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 150 ppm เท่ากับ 7.54% อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นทั้งหมดนี้ไม่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด (< 13.50%) ปริมาณน้ำอิสระที่พบในพริกแห้งไม่ล้างและผ่านการล้างด้วยสารต่างๆพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.857) พริกที่ล้างด้วยกลั่น (C2) มีปริมาณน้ำอิสระสูงสุด เท่ากับ 0.699 ต่ำสุดในพริกล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 200 ppm เท่ากับ 0.595 แต่ปริมาณน้ำอิสระทั้งหมดนี้เป็นระดับที่สูงกว่าที่กำหนดให้มีได้ในอาหารแห้ง (<0.6) ยกเว้นพริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 200 ppm

ตารางที่ 19 แสดงให้เห็นร้อยละมากกว่าหรือน้อยกว่าของพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF เทียบกับการล้างด้วยน้ำประปา (C3) พบว่าพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยสารทำความสะอาดทั้ง 2 ชนิดทุกความเข้มข้นมีปริมานสารพิษอะฟลาทอกซินน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา พริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 200 ppm พบสารพิษดังกล่าวน้อยที่สุดและน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 30.23 ปริมานความชื้นในพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ ทุกความเข้มข้นมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา โดยที่ปริมานความชื้นต่ำที่สุดและน้อยกว่า C3 พบที่ความเข้มข้น 150 ppm คิดเป็นร้อยละ 24.66 กรณีพริกที่ล้างด้วย BSF มีเพียงที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ppm ที่มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 9.09 และ 7.19 ตามลำดับ สำหรับปริมานน้ำอิสระ พบพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยสารทำความสะอาดทั้ง 2 ชนิดทุกๆความเข้มข้นมีปริมานน้ำอิสระน้อยกว่าที่ล้างด้วยน้ำประปา และพริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 200 ppm มีปริมานน้ำอิสระน้อยที่สุด น้อยกว่าที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 11.85

ตารางที่ 18 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านเคมี ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								ระดับเกณฑ์มาตรฐาน	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF						
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200			
สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin, µg/kg)	25.60^{d}	39.90^{f}	25.80^{e}	23.00^{c}	25.60^{d}	23.60^{c}	18.00^{a}	25.70^{d}	21.00^{b}	25.60^{d}	19.80^{b}	<15µg/kg	100.00	0.00
ความชื้น (% moisture)	11.64^{e}	10.70^{d}	10.01^{c}	7.66^{a}	7.76^{a}	7.54^{a}	8.70^{b}	9.10^{b}	9.29^{b}	10.53^{cd}	10.82^{d}	<13.50%	0.00	0.00
วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activity, a_w)	0.681^{a}	0.699^{a}	0.675^{a}	0.632^{a}	0.644^{a}	0.616^{a}	0.595^{a}	0.641^{a}	0.653^{a}	0.647^{a}	0.623^{a}	<0.6	90.91	0.857

หมายเหตุ : C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

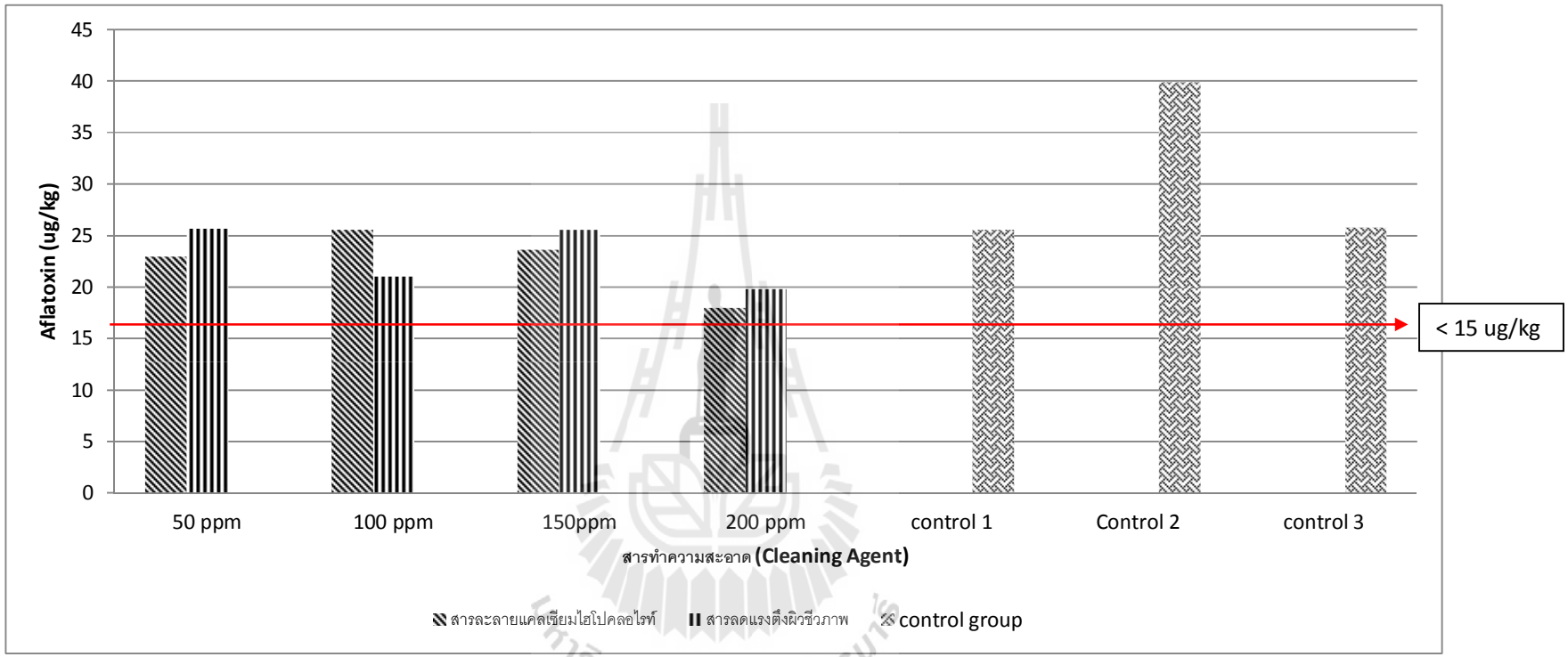
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 19 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านเคมี ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี	C3 (น้ำประปา)	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
		C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin, µg/kg)	25.80	< 0.78	> 54.65	< 10.85	< 0.78	< 8.53	< 30.23	< 0.39	< 18.60	< 0.78	< 23.26
ความชื้น (% moisture)	10.01	> 16.28	> 6.89	< 23.48	< 22.48	< 24.66	< 13.09	< 9.09	< 7.19	> 5.19	> 8.09
วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activity, a_w)	0.675	> 0.89	> 3.56	< 6.37	< 4.59	< 8.74	< 11.85	< 5.04	< 3.26	< 4.15	< 7.70

หมายเหตุ : > หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
< หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
0.00 หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)
ND = not detected

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกผ่านการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ที่ทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

หมายเหตุ : control group มีรายละเอียดดังนี้ C1 = พริกสดที่ไม่ผ่านการล้าง C2 = พริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่น C3 = พริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา
ปริมาณสารอะฟลาทอกสามารถมีในพริกแห้งได้ไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อ 1 กิโลกรัม (อ้างใน มกษ. 3001-2553)

3.3 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านกายภาพ ในพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

ตารางที่ 20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสี (L* a* b*) ของพริกแห้งพบค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a*) และค่าแสดงความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b*) ในพริกแห้งหลังล้างด้วยสารต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) และพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการล้าง BSF ทุกความมีค่า a* และ b* เป็นบวกทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณภาพด้านสีที่ดีในพริกแห้งที่คงความเป็นสีแดงหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อแปรรูปเป็นพริกแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นต่ำสุด 50 ppm ของ BSF พริกแห้งคงความเป็นสีแดงและสีเหลืองได้มากที่สุด คือ a* = +10.77, b* = +7.22 พร้อมกันนั้นยังมีค่าความสว่างสูงที่สุด เท่ากับ 42.87 ในขณะที่ความเข้มข้นเดียวกันของ $Ca(ClO)_2$ มีค่า a* = +2.75, b* = -0.13 ค่า b* ที่เป็นลบแสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งแสดงถึงคุณลักษณะทางด้านสีที่ไม่ดี ถึงแม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นของสาร $Ca(ClO)_2$ สูงขึ้น 100-200 ppm จะมีค่าดังกล่าวสูงขึ้น แต่กลับมีค่าความสว่างลดลง (ค่า L * เข้าใกล้ 0 แสดงความเป็นสีดำ)

ผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าของพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF เทียบกับน้ำประปา (C3) ตารางที่ 21 พบพริกที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF ทุกความเข้มข้นมีร้อยละค่าความสว่างมากกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา โดย BSF 50 ppm มีค่าความสว่างมากที่สุด มากกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปาคิดเป็นร้อยละ 29.33 และ BSF 50 ppm มีค่า a* เป็นสีแดงในพริกแห้ง ซึ่งมากกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปาคิดเป็นร้อยละ 410.43 เช่นเดียวกับค่า b* ที่ความเข้มข้น 50 ppm ของ BSF แสดงความเป็นสีเหลืองมากกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปาคิดเป็นร้อยละ 37 ดังนั้นแล้วที่ความเข้มข้นต่ำสุดของ BSF มีร้อยละค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง (a* เป็นบวก) ความเป็นสีเหลือง (b* เป็นบวก) สูงกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปาและล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 50 ppm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

ค่าสีที่ตรวจวัด	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF				
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200	
L* (ความสว่าง)	36.74^{e}	33.89^{a}	33.15^{ab}	35.43^{d}	36.61^{e}	33.16^{a}	33.41^{a}	42.87^{f}	35.72^{d}	34.43^{bc}	35.04^{cd}	0.000
a* (สีแดงเขียว)	$+3.91^{b}$	$+3.14^{a}$	$+2.11^{a}$	$+2.75^{ab}$	$+3.82^{b}$	$+2.74^{ab}$	$+3.36^{ab}$	$+10.77^{c}$	$+3.14^{ab}$	$+2.55^{ab}$	$+2.71^{ab}$	0.000
b* (สีเหลืองน้ำเงิน)	-0.05^{a}	-0.17^{a}	$+1.52^{d}$	-0.13^{a}	$+1.09^{c}$	$+1.08^{c}$	$+0.77^{bc}$	$+7.22^{f}$	$+0.81^{bc}$	$+3.11^{e}$	$+0.69^{b}$	0.000

หมายเหตุ : C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

L* (Lightness) หมายถึง ค่าความสว่างของสีโดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยที่ a^{+} หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีแดง, a^{-} หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ b^{+} หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีเหลือง, b^{-} หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 21 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา และทำแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

คุณภาพด้านสี (L a b*)	C3	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
		C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
L* (ความสว่าง)	33.15	> 10.83	> 2.23	> 6.88	> 10.44	> 0.03	> 0.78	> 29.32	> 7.75	> 3.86	> 5.10
a* (สีแดงเขียว)	+2.11	> 85.31	>48.82	> 30.33	> 81.04	> 29.86	>59.24	>410.43	> 48.81	>20.85	> 28.43
b* (สีเหลืองน้ำเงิน)	+1.52	-0.05	-0.17	-0.13	< 28.29	< 28.95	> 49.34	>375.00	< 46.71	>104.61	>54.61

หมายเหตุ : > หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

< หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

0.00 หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

L* (Lightness) หมายถึง ค่าความสว่างของสีโดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยที่ a^+ หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีแดง, a^- หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ b^+ หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีเหลือง, b^- หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 4 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพของพริกแห้ง (พริกชี้ฟ้าแดง ; hot chilli) ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

4.1 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ ในพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบล้อมร้อน (Tray dryer)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ (BSF) มาผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยตู้อบลมร้อน (tray dryer ยี่ห้อง POP Thailand รุ่น 135/60/180) ที่อุณหภูมิ 65 – 70 $^{\circ}$C นาน 9 ชั่วโมงพบว่า (ตารางที่ 22) พริกที่ผ่านล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ (BSF) ทุกความเข้มข้นมีแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) จำนวนที่ตรวจพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) และไม่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด (<6.00 Log cfu/g) กรณีของเชื้อ *S.aureus* และ *E.coli* ตรวจไม่พบ (ND = not detected) ทั้งพริกแห้งจากกระบวนการล้างด้วยน้ำประปา $Ca(ClO)_2$ และ BSF ผลการตรวจหาปริมานเชื้อ *B. cereus* พบว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปาไม่สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อดังกล่าวได้ จำนวนที่พบเท่ากับ 4.28 Log cfu/g ซึ่งเป็นจำนวนที่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด (<3.00 Log cfu/g) สำหรับเชื้อยีสต์พริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อยีสต์เลย ผลการวิเคราะห์เชื้อราในพริกแห้ง พริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 50-100 ppm พบ 3.49 และ 2.00 Log cfu/g ตามลำดับ (มาตรฐานกำหนด <2.00 Log cfu/g) ในขณะพริกที่ผ่านการล้างด้วย BSF ทุกความเข้มข้นไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา และผลการตรวจหา *Salmonella* spp. พริกสดที่ล้างด้วยน้ำประปา $Ca(ClO)_2$ และ BSF ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อดังกล่าวเลย ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด (*Salmonella* spp. = ไม่พบ)

ตารางที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าของพริกที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF เทียบกับน้ำประปา (C3) ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) พริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วย BSF 50 ppm สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้สูงสุด คิดเป็นร้อยละการปนเปื้อนที่น้อยกว่าน้ำประปาเท่ากับ 53.51 ปริมาณ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่าสารทั้ง 2 ชนิด และน้ำประปาลดจำนวนการปนเปื้อนเชื้อดังกล่าวได้ ในระดับที่ไม่พบการปนเปื้อนเลยสำหรับ *B. cereus* และเชื้อยีสต์ เมื่อเทียบกับพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา หลังกระบวนการทำแห้ง การล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF ตรวจไม่พบการปนเปื้อน กรณีเชื้อราที่ปนเปื้อนหลังกระบวนการทำแห้ง พริกสดที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 50 ppm นำไปทำแห้ง มีปริมาณร้อยละเชื้อราที่ตรวจพบมากกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 249 ในขณะที่พริกที่ล้างด้วย BSF ทุกความเข้มข้นตรวจไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา และเมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณ *Salmonella* spp. การล้างด้วยสารทำความสะอาดทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของ *Salmonella* spp. ให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนดได้ (*Salmonella* spp. = ไม่พบ)

ตารางที่ 22 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านจุลินทรีย์ ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

จุลินทรีย์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัย	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								ระดับเกณฑ์มาตรฐาน	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF						
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200			
Total Bacteria Count (Log cfu/g)	4.56^{g}	2.68^{c}	4.84^{f}	3.83^{e}	3.08^{d}	3.05^{d}	2.48^{b}	2.25^{a}	4.19^{f}	3.89^{e}	3.82^{e}	< 6.00 Log cfu/g	0.00	0.00
Staphylococcus aureus (Log cfu/g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 1.00 Log cfu/g	0.00	-
Bacillus cereus (Log cfu/g)	3.40	2.49	4.28	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 3.00 Log cfu/g	18.18	-
Escherichia coli (Log cfu/g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 2.00 Log cfu/g	0.00	-
Yeast (Log cfu/g)	3.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 2.00 Log cfu/g	9.09	-
Mold (Log cfu/g)	3.20	3.08	1.00	3.49	2.00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 2.00 Log cfu/g	36.36	-
Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-	-

หมายเหตุ : ND = not detected C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

ตารางที่ 23 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

จุลินทรีย์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัย	C3 (น้ำประปา)	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
	Log cfu/g	C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
Total Bacteria Count	4.84[f]	< 5.79	< 44.63	< 20.87	< 36.36	< 36.98	< 48.76	< 53.51	< 13.43	< 19.63	< 21.07
Staphylococcus aureus	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bacillus cereus	4.28	< 20.56	< 41.82	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Escherichia coli	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Yeast	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mold	1.00	> 220	> 208	> 249	> 100	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : > หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
< หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
0.00 หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับปริมาณที่ตรวจพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)
ND = not detected

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี ในพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบล้อมร้อน (Tray dryer)

จากขั้นตอนการล้างพริกสดด้วยสารต่าง ๆ นั้น (ตารางที่ 24) พริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อนพบสารพิษอะฟลาทอกซินในระดับที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) โดยพริกที่ผ่านการล้างด้วยประปาและ $Ca(ClO)_2$ 50 ppm มีสารพิษสูงที่สุดเท่ากับ 16.20 และ 16.60 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณที่พบนี้อยู่ระดับสูงกว่ามาตรฐานพริกแห้งกำหนด (<15µg/kg) ในขณะที่พริกที่ล้างด้วย BSF ทุกความเข้มข้นมีปริมาณสารดังกล่าวไม่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และที่ความเข้มข้นสูงสุด 200 ppm พบต่ำสุดเท่ากับ 3.00 15µg/kg (รูปที่ 7) ปริมาณความชื้นที่ในพริกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอยู่ในระดับที่ไม่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด (< 13.50%) พบต่ำสุดในพริกที่ผ่านการล้างด้วย BSF 150 ppm เท่ากับ 10.25% แต่ปริมาณน้ำอิสระ (aw) พบว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยสารต่างๆ นำมาทำแห้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.25) พริกที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 200 ppm และ BSF 50 100 200 ppm มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.603, 0.672, 0.684 และ 0.640 ซึ่งเป็นระดับที่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด (<0.6) ต่ำสุดพบในพริกที่ผ่านการล้างด้วย BSF 150 ppm เท่ากับ 0.554

ตารางที่ 25 ผลร้อยละมากกว่าหรือน้อยกว่าพริกแห้งที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ และ BSF เทียบกับพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา (C3) ที่ความเข้มข้น 200 ppm ของ BSF ตรวจพบสารพิษอะฟลาทอก-ซินน้อยที่สุดและน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 81.84 และ BSF ทุกความเข้มข้นมีสารดังกล่าวน้อยกว่าที่ล้างด้วยน้ำประปา ในขณะที่พริกล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 50 ppm มีปริมานสารพิษอะฟลาทอกซินสูงกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ 2.47 นอกจากนี้ปริมานความชื้นในพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยสารทั้ง 2 ชนิดมีปริมานความชื้นน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา ทุกความเข้มข้น โดยพริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 100 ppm มีปริมานความชื้นน้อยที่สุดและน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 14.63 สำหรับปริมานน้ำอิสระ (aw) พริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ 50 ppm มีปริมานน้ำอิสระน้อยที่สุดและน้อยกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 0.53

ตารางที่ 24 ระดับการปนเปื้อนดัชนีคุณภาพการเน่าเสียทางด้านเคมี ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								ระดับเกณฑ์มาตรฐาน	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF						
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200			
สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin, µg/kg)	14.20^{f}	16.00^{h}	16.20^{i}	16.60^{j}	14.40^{g}	12.50^{e}	10.40^{c}	6.90^{b}	11.90^{d}	14.20^{f}	3.00^{a}	<15µg/kg	27.27	0.00
ความชื้น (% moisture)	12.31^{f}	10.88^{c}	10.46^{ab}	11.57^{de}	11.99^{ef}	11.71^{de}	10.70^{bc}	10.93^{d}	11.71^{de}	10.25^{a}	11.47^{d}	<13.50%	0.00	0.00
วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activity, a_w)	0.613^{ab}	0.587^{ab}	0.567^{ab}	0.564^{ab}	0.572^{ab}	0.593^{ab}	0.603^{ab}	0.672^{ab}	0.684^{a}	0.554^{b}	0.640^{ab}	<0.6	45.45	0.25

หมายเหตุ : C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

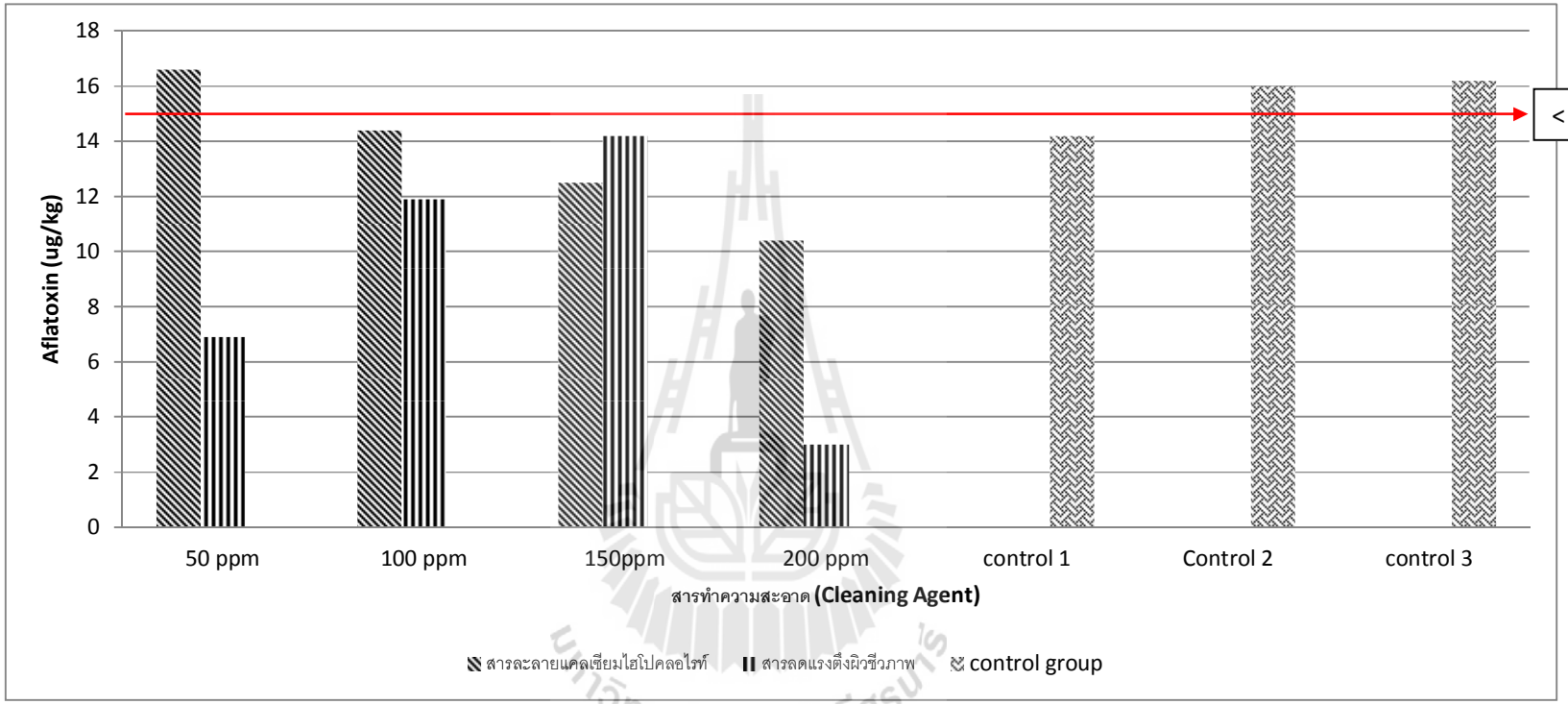
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 25 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านเคมี ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

ดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านเคมี	C3 (น้ำประปา)	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
		C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin, µg/kg)	16.20	< 12.35	< 1.23	> 2.47	< 11.11	< 22.84	< 35.80	< 57.41	< 26.54	< 12.35	< 81.48
ความชื้น (% moisture)	10.46	> 17.69	> 4.02	> 10.61	> 14.63	> 11.95	> 2.29	> 4.49	> 11.95	> 2.01	> 9.56
วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activity, a_w)	0.567	> 8.11	> 3.53	< 0.53	> 0.88	> 4.59	> 6.35	>18.52	> 20.63	< 2.29	> 12.87

หมายเหตุ : > หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
< หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าปริมาณที่ตรวจพบในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
0.00 หมายถึง ปริมาณที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับปริมาณที่ตรวจพบในพริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ
C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)
ND = not detecte

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 5 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกผ่านการล้างด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

หมายเหตุ : control group มีรายละเอียดดังนี้ C1 = พริกสดที่ไม่ผ่านการล้าง C2 = พริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่น C3 = พริกสดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา
ปริมาณสารอะฟลาทอกซินสามารถมีในพริกแห้งได้ไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อ 1 กิโลกรัม (อ้างใน มกษ. 3001-2553)

4.3 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพและความปลอดภัยด้านกายภาพ ในพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบล้อมร้อน (Tray dryer)

ตารางที่ 26 แสดงผลค่าสี (L* a* b*) ของพริกแห้ง ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ค่าสีทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a*) และความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b*) ในพริกที่ล้างด้วยสารต่างๆ ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P-value = 0.00) และพบว่าพริกที่ล้างด้วย BSF ความเข้มข้นต่ำสุด 50 ppm มีค่า L* = 42.87, a* = +10.77, b* = +7.22 สูงที่สุดและสูงกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ ทุกความเข้มข้น โดยเฉพาะค่าความเป็นสีแดง (a* = แสดงผลเป็นบวก) ที่พบสูงที่สุด ซึ่งหมายถึงพริกที่ล้างด้วย BSF 50 ppm และทำแห้ง สามารถรักษาสภาพความเป็นสีแดงของพริกได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปาและ $Ca(ClO)_2$ ที่ความเข้มข้นสูงๆ

นอกจากนี้ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านสี ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าของพริกที่ล้างด้วยสารทั้ง 2 ชนิดเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปา ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 50 ppm ของ BSF ร้อยละค่าสีทั้ง 3 ค่า สูงกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละที่ที่มากกว่า L* = 29.32, a* = 410.43, b* = 375 แต่พริกที่ล้างด้วย $Ca(ClO)_2$ ที่ความเข้มข้นสูง 150 ppm พบว่าค่าความเป็นสีแดง (a*) ลดลงและต่ำกว่าพริกที่ล้างด้วยน้ำประปา คิดเป็นร้อยละที่น้อยกว่า เท่ากับ 4.31 ซึ่งเป็นระดับที่ไม่สูงเมื่อเทียบกับการใช้ BSF ที่ความเข้มข้นต่ำๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 26 ผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ของพริกแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

ค่าสีที่ตรวจวัด	ชุดควบคุมการทดลอง (control groups)			สารทำความสะอาด (ppm)								P-value
				$Ca(ClO)_2$				BSF				
	C1	C2	C3	50	100	150	200	50	100	150	200	
L* (ความสว่าง)	39.63^{d}	41.30^{f}	34.18^{a}	36.75^{c}	35.26^{b}	39.22^{d}	35.85^{b}	45.94^{g}	40.28^{e}	40.67^{ef}	40.86^{ef}	0.000
a* (สีแดงเขียว)	+5.23^{c}	+6.50^{b}	+3.48^{d}	+6.04^{d}	+8.44^{f}	+3.33^{ab}	+3.54^{b}	+7.47^{e}	+2.93^{a}	+9.47^{g}	+5.48^{c}	0.000
b* (สีเหลืองน้ำเงิน)	+0.09^{a}	+3.86^{d}	+2.38^{fg}	+5.79^{i}	+3.82^{f}	+4.27^{gh}	+1.73^{c}	+2.94^{e}	+0.81^{b}	+4.57^{h}	+4.01^{fg}	0.000

หมายเหตุ : C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

L* (Lightness) หมายถึง ค่าความสว่างของสีโดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยที่ a^{+} หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีแดง, a^{-} หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ b^{+} หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีเหลือง, b^{-} หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p-value = 0), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p – value > 0.01), ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 27 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านสี (L a b*) ร้อยละที่มากหรือน้อยกว่าเทียบกับตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

คุณภาพด้านสี (L a b*)	C3	ร้อยละมาก - น้อยกว่า C3 (น้ำประปา)									
		Control groups		$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
		C1	C2	50	100	150	200	50	100	150	200
L* (ความสว่าง)	34.18	> 15.94	< 20.83	> 7.52	> 3.16	> 14.75	> 4.86	> 34.41	> 17.85	> 18.99	> 19.54
a* (สีแดงเขียว)	+3.48	> 50.29	> 86.78	> 73.56	>142.53	< 4.31	> 1.72	>114.66	< 15.80	>172.13	> 57.47
b* (สีเหลืองน้ำเงิน)	+2.38	< 96.22	> 62.18	>143.28	>60.50	>79.41	<27.31	>23.53	<65.97	>92.02	> 68.49

หมายเหตุ : > หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆมากกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

< หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆ น้อยกว่าพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

0.00 หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ตรวจพบนั้นๆ เท่ากับพริกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (C3) คิดเป็นร้อยละ

C1= ไม่ล้าง (control) C2 = น้ำกลั่น (control) C3 = น้ำประปา (control)

L* (Lightness) หมายถึง ค่าความสว่างของสีโดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยที่ a^+ หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีแดง, a^- หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b* (Lightness) หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ b^+ หมายถึง แสดงถึงความเป็นสีเหลือง, b^- หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 28 สรุปความเข้มข้นของสารทำความสะอาดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการล้างพริกสด

เกณฑ์ดัชนีคุณภาพ	ระดับมาตรฐาน	สารทำความสะอาด (ppm)								
		น้ำประปา	$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
			50	100	150	200	50	100	150	200
Total Bacteria Count	< 6.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Staphylococcus aureus	< 1.00 Log cfu/g	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Bacillus cereus	< 3.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Escherichia coli	< 2.00 Log cfu/g	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Yeast	< 2.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mold	< 2.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Salmonella spp.	ไม่พบ	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Aflatoxin	< 20 µg/kg	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Moisture content	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Water activity (Aw)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a* (แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว)	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง สารทำความสะอาดที่ความเข้มข้นนั้นๆ สามารถการลดการปนเปื้อนได้ต่ำกว่ามาตรฐาน หรือ กรณีค่า a* เป็นบวก ที่แสดงความเป็นสีแดง

✗ หมายถึง สารทำความสะอาดที่ความเข้มข้นนั้นๆ ไม่สามารถการลดการปนเปื้อนให้ต่ำกว่ามาตรฐาน หรือ กรณีค่า a* เป็นลบ ที่แสดงความเป็นสีเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 29 สรุปความเข้มข้นของสารทำความสะอาดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปพริกแห้งด้วยตู้อบ (Oven)

เกณฑ์ดัชนีคุณภาพ	ระดับมาตรฐาน	สารทำความสะอาด								
		น้ำประปา	$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
			50	100	150	200	50	100	150	200
Total Bacteria Count	< 6.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Staphylococcus aureus	< 1.00 Log cfu/g	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bacillus cereus	< 3.00 Log cfu/g	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Escherichia coli	< 2.00 Log cfu/g	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Yeast	< 2.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mold	< 2.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Salmonella spp.	ไม่พบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aflatoxin	< 15 µg/kg	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Moisture content	< 13.50 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Water activity (Aw)	< 0.60	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
a* (แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว)	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง สารทำความสะอาดที่ความเข้มข้นนั้นๆ สามารถการลดการปนเปื้อนได้ต่ำกว่ามาตรฐาน หรือ กรณีค่า a* เป็นบวก ที่แสดงความเป็นสีแดง

✗ หมายถึง สารทำความสะอาดที่ความเข้มข้นนั้นๆ ไม่สามารถการลดการปนเปื้อนให้ต่ำกว่ามาตรฐาน หรือ กรณีค่า a* เป็นลบ ที่แสดงความเป็นสีเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 30 สรุปความเข้มข้นของสารทำความสะอาดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer)

เกณฑ์ดัชนีคุณภาพ	ระดับมาตรฐาน	สารทำความสะอาด								
		น้ำประปา	$Ca(ClO)_2$ (ppm)				BSF (ppm)			
			50	100	150	200	50	100	150	200
Total Bacteria Count	< 6.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Staphylococcus aureus	< 1.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bacillus cereus	< 3.00 Log cfu/g	✕	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Escherichia coli	< 2.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Yeast	< 2.00 Log cfu/g	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mold	< 2.00 Log cfu/g	✓	✕	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Salmonella spp.	ไม่พบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aflatoxin	< 15 µg/kg	✕	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Moisture content	< 13.50 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Water activity (Aw)	< 0.60	✓	✓	✓	✓	✕	✕	✕	✓	✕
a* (แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว)	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง สารทำความสะอาดที่ความเข้มข้นนั้นๆ สามารถการลดการปนเปื้อนได้ต่ำกว่ามาตรฐาน หรือ กรณีค่า a* เป็นบวก ที่แสดงความเป็นสีแดง

✕ หมายถึง สารทำความสะอาดที่ความเข้มข้นนั้นๆ ไม่สามารถการลดการปนเปื้อนให้ต่ำกว่ามาตรฐาน หรือ กรณีค่า a* เป็นลบ ที่แสดงความเป็นสีเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของพริก 3 พันธุ์ ได้แก่ พริกขี้หนู พริกมันดำ และพริกขี้หนูลูกผสม ต่อการให้น้ำ 3 ระดับได้แก่ ให้น้ำวันเว้นวัน (ให้น้ำเพียงพอ), ให้น้ำทุก 5 วัน (ขาดน้ำปานกลาง) และให้น้ำทุก 10 วัน (ขาดน้ำรุนแรง) จากการควบคุมการให้น้ำแบบหยดพบว่า การจัดการระบบการให้น้ำ 3 ระดับ จากการทดลองพบว่าพริกพันธุ์ที่ให้อัตราความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ พริกขี้หนูลูกผสม รองลงมาคือ พริกขี้หนูและพริกมันดำ ตามลำดับ และพันธุ์ที่ให้อัตราเฉลี่ยของขนาดทรงพุ่มสูงที่สุด คือ พริกขี้หนูลูกผสม รองลงมาคือ พริกมันดำและพริกขี้หนู ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ที่ให้อัตราเฉลี่ยของจำนวนกิ่งแขนงสูงที่สุด คือ พริกขี้หนูลูกผสม รองลงมาคือ พริกมันดำและพริกขี้หนู ตามลำดับ (ตารางที่ 6) พันธุ์ที่มีอัตราเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดคือ พริกมันดำ รองลงมาคือ พริกขี้หนูลูกผสมและพริกขี้หนู ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์นับว่าเป็นลักษณะทางสรีระวิทยาที่สำคัญมากจ่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ส่วนระดับการให้น้ำที่มีอัตราความชื้นเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ขาดน้ำรุนแรง รองลงมาคือ ขาดน้ำปานกลาง และให้น้ำเพียงพอ ตามลำดับ โดยระดับน้ำที่ให้อัตราความสูงเฉลี่ยของพริกสูงที่สุดคือ ให้น้ำเพียงพอ รองลงมาคือ ขาดน้ำรุนแรง และขาดน้ำปานกลาง ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ระดับน้ำที่ให้ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ขาดน้ำรุนแรง รองลงมาคือ ให้น้ำเพียงพอและขาดน้ำปานกลาง ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ระดับน้ำที่ให้อัตราเฉลี่ยของจำนวนกิ่งแขนงและปริมาณคลอโรฟิลล์ สูงที่สุด คือ ขาดน้ำรุนแรง รองลงมาคือ ขาดน้ำปานกลางและให้น้ำเพียงพอ ตามลำดับพริกที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาที่สม่ำเสมอ คือ พริกขี้หนูลูกผสม ซึ่งมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น รองลงมาคือพริกมันดำ และพริกขี้หนู ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาทั้งความสูง ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่งแขนง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และความชื้นของดิน ภายใต้การควบคุมการให้น้ำที่ต่างกันพบว่าการเจริญเติบโตด้านต่างๆของพริก พันธุ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือพริกขี้หนูลูกผสม ส่วนพริกขี้หนูและพริกมันดำ

นอกจากกระบวนการเพาะปลูกที่มีความสำคัญแล้วกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การล้าง ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่สามารถลดการปนเปื้อนตลอดห่วงโซ่การผลิตพริก และยังเป็นการลดการปนเปื้อนหรือลดระดับอยู่ในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานกำหนดก่อนแปรรูปหรือจำหน่าย การใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (BSF) ในกระบวนการล้างเพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทดแทนสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($Ca(ClO)_2$) ที่เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม แต่สารดังกล่าวมีข้อเสียคือก่อให้เกิดปัญหาด้านการตกค้าง โดยเฉพาะผลเสียทั้งในเรื่องของกลิ่น และหากอยู่ในสภาวะที่เป็นด่างมากๆ จะมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง ที่สำคัญผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by-product) ที่เกิดจากคลอรีนไปรวมตัวกับสารอื่นอาจกลายเป็นสารก่อมะเร็ง (สำนักงานการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ผลการวิจัยสรุปได้ว่าความเข้มข้นของสาร BSF ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในกระบวนการล้างพริกสดเพื่อลดการปนเปื้อนด้านจุลินทรีย์ เคมี และรักษาสภาพความเป็นสีแดงของพริก คือ 100 – 200 ppm (100, 150 และ 200 ppm) ซึ่งความเข้มข้นนี้ สามารถลดระดับการปนเปื้อนของ แบคทีเรียทั้งหมด *B. cereus, E.coli,* Yeast , Mold, *Salmonella* spp., Aflatoxin ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและไม่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด นอกจากนี้ที่ความเข้มข้นของ BSF ดังกล่าว ช่วยรักษาหรือคงสภาพทางกายภาพด้านสีของพริกสดให้คงความเป็นสีแดง โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ BSF สูงขึ้นความเป็นสีแดงของพริกก็จะยิ่งคงสภาพมากขึ้น ซึ่งต่างจากการใช้

$Ca(ClO)_2$ ที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้นสภาพความเป็นสีแดงของพริกก็จะยิ่งลดลง อย่างไรก็ตามการใช้ BSF ในกระบวนการล้างพริกสดทุกความเข้มข้นไม่สามารถควบคุม *S. aureus* ที่หลงเหลือหลังกระบวนการล้างให้อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เช่นเดียวกับการใช้ $Ca(ClO)_2$ ลักษณะนี้อาจเป็นผลจากกระบวนการล้างอยู่ในระบบเปิดที่เป็นการจำลองกระบวนการทำให้เกิดโอกาสการปนปื้อนของเชื้อ *S.aureus* จากสภาวะแวดล้อม มือผู้สัมผัสหรือภาชนะที่สัมผัสกับพริกสดหลังกระบวนการล้างได้ และเพื่อการควบคุมลดการปนเปื้อนตลอดห่วงโซ่การผลิตพริก ต้องมีการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารที่นำมาใช้ในกระบวนการล้างพริก ให้เกิดประสิทธิภาพการควบคุมการปนเปื้อนด้านต่างๆ ตั้งแต่พริกสดจนเสร็จสิ้นกระบวนการทำแห้ง จากผลการทดลองใช้ตู้อบ (Oven) เป็นเครื่องมือการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65-70 °C สำหรับแปรรูปเป็นพริกแห้ง ใช้ระยะเวลานาน 11 ชั่วโมง ต่อการลดระดับปริมาณความชื้นให้ต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้ง (<13.50%) ความเข้มข้นของ BSF ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุดร่วมกับการใช้ตู้อบ ได้แก่ BSF 100 – 200 ppm สามารถลดระดับการปนเปื้อนแบคทีเรียทั้งหมด *S. aureus, B. cereus, E.coli,* Yeast , Mold, *Salmonella* spp. และที่ความเข้มข้นดังกล่าวช่วยรักษาหรือคงสภาพทางกายภาพด้านสีของพริกสดให้คงความเป็นสีแดงและความสว่าง ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพที่ดีของพริกแห้ง อย่างไรก็ตามพบว่าที่ความเข้มข้น 50 ppm มีประสิทธิภาพสูงสุดในการรักษาสภาพความเป็นสีแดงของพริกแห้งได้มากที่สุด แต่ไม่สามารถลดจำนวน *B. cereus* ให้ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งการปนเปื้อนนี้ไม่อยู่ในข้อบังคับมาตรฐานสินค้าเกษตรพริกแห้ง (มกษ. 3001-2553) และการใช้ BSF 100 – 200 ppm ในการล้างพริกสดสามารถควบคุมดัชนีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์และกายภาพได้ แต่เมื่อนำพริกสดเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นพริกแห้งด้วยตู้อบ (Oven) พบว่ามีปริมาณอะฟลาทอกซินสูงกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากมีปัจจัยที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนข้ามหลายปัจจัย เช่น วัสดุอุปกรณ์ในการผลิต ระยะเวลาในการทำแห้งด้วยตู้อบที่ใช้ระยะเวลานานจนทำให้เกิดการผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินในที่สุด ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ในพริกสดนั้นตรวจพบปริมาณอะฟลาทอกซินที่ไม่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด ดังนั้นอะฟลาทอกซินที่ตรวจพบในพริกแห้งด้วยตู้อบนี้ จึงมาจากปัจจัยภายนอกที่ใช้ในการผลิตพริกแห้ง จึงเป็นเหตุให้การใช้ BSF และ $Ca(ClO)_2$ ทุกความเข้มข้น ในการล้างพริกและนำไปทำแห้งด้วยตู้อบไม่สามารถลดระดับสารดังกล่าวให้ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด แต่การแปรรูปพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dryer) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ใช้เวลาทั้งสิ้น 9 ชั่วโมงเพื่อลดระดับปริมาณความชื้นให้ต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้ง (<13.50%) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นกว่าตู้อบ ทำให้ความเข้มข้นของ BSF ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุดร่วมกับการใช้ตู้อบลมร้อน ได้แก่ BSF 50 – 200 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมแบคทีเรียทั้งหมด *S.aureus, B.cereus, E.coli,* Yeast, Mold, *Salmonella* spp. รวมถึงควบคุมปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินให้อยู่ในระดับที่ไม่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด แต่การใช้ $Ca(ClO)_2$ ต้องใช้ความเข้มข้น 100 ppm ขึ้นไปถึงจะเพียงพอต่อการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมด นอกจากนี้ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 500 ppm ของ BSF ยังมีประสิทธิภาพสูงสุดในการคงสภาพความเป็นสีแดงและความของพริกแห้งได้ดีที่สุด

ดังนั้นแล้วความเข้มข้นของ BSF ต่ำสุด 50 ppm สามารถนำไปล้างพริกสดเพื่อการบริโภคหรือประกอบอาหารได้อย่างปลอดภัย และหากนำไปแปรรูปพริกแห้ง กรณีเลือกใช้ตู้อบควรเลือกใช้ BSF ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุด คือ 100 ppm ก่อนนำไปทำแห้ง การใช้ตู้อบลมร้อนความเข้มข้นที่นำไปใช้ในการล้างพริกเพื่อแปรรูปด้วยวิธีนี้ ได้แก่ BSF 50 ppm ซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำที่สุด มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนทางด้านจุลินทรีย์ สารพิษอะฟลาทอกซิน และสามารถคงสภาพความเป็นสีแดงของพริกแห้งได้ดีที่สุด นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดใช้ร่วมกับ BSF ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุด (50 ppm) เพราะใช้ระยะเวลาสั้น

และควบคุมการหลงเหลือของจุลินทรีย์ สารพิษอะฟลาทอกซิน ปริมาณความชื้น ทั้งหมดให้ต่ำกว่ามาตรฐาน รวมถึงคุณลักษณะทางกายภาพด้านสีของพริกแห้งให้มีความสว่าง สีแดง ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นลักษณะเป็นที่ยอมรับและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

ข้อเท็จจริงที่ได้จากผลงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า การใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (BSF) เป็นสารทำความสะอาดสำหรับล้างพริกสดที่จะนำไปแปรรูปเป็นพริกแห้งให้มีคุณภาพสูงสุด จะต้องมีการควบคุมกระบวนการล้างในทุกขั้นตอนตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบ การล้างกำจัดเศษวัสดุทางกายภาพ (Pre-washing) ไปจนถึงการล้างครั้งสุดท้ายด้วยสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice, GMP) และเพื่อให้การใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพความเข้มข้นต่ำสุด (50 ppm) มีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงการเลือกใช้กระบวนการแปรรูปพริกแห้งด้วยเครื่องมือต่างๆนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของเครื่องมือต่อปริมาณการผลิตและขั้นตอนการผลิตที่เป็นจุดวิกฤติ (critical control point, CCP) ซึ่งจุด CCP ในกระบวนการผลิตที่จำเป็นต้องควบคุม อาจได้แก่ ขั้นตอนการตั้งพักสะเด็ดน้ำ 60 วินาทีหลังจากกระบวนการลวกพริก ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดเสี่ยงต่อการปนเปื้อนข้ามที่อาจเกิดขึ้นหลังการล้างด้วย BSF ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดในการนำสารลดแรงตึงผิวชีวภาพไปประยุกต์ใช้ในการล้างพริกสดและแปรรูปเป็นพริกแห้งนั้น จะต้องควบคุมกระบวนการล้าง การทำแห้ง ตลอดกระบวนการผลิตรวมถึงจำนวนหรือขนาดการผลิตที่สอดคล้องกับเครื่องมือและระยะเวลาเพื่อให้สามารถลดการปนเปื้อนทั้งทางจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพ ให้เป็นไปตามมาตรฐานพริกสดและพริกแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

นันทิการ์ เสนแก้วและคณะ. เทคโนโลยีการผลิตพริกแบบผสมผสานในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://it.doa.go.th/refs/files/505_2550.pdf.

ปิยะวรรณ กาสลัก และ รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์. (2554). รายงานการวิจัย สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากผลเชอร์รี่เปรี้ยว . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มูลนิธิชีววิถี วิกฤตสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ความเป็นจริงจากมุมมองของสหภาพยุโรป. (2554). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : **http://www.thaipan.org/node/22**

วีระ ภาคอุทัย และคณะ. (2549). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการ “การศึกษาสถานภาพการตลาด การแปรรูป และตลาดผลิตภัณฑ์พริกในเขตพื้นที่จังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา ขอนแก่น เลย ชัยภูมิ กรุงเทพฯ และปริมณฑล”. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

วีระ ภาคอุทัยและคณะ. การพัฒนาอาชีพและเชื่อมโยงโซ่อุปทานพริกปลอดภัย จังหวัดชัยภูมิ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.trf.or.th/RE/x.asp?Art_ID=345.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2554). สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ. กรุงเทพมหานคร.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร และนิวัฒน์ มาศวรรณา. (2549). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการ “การศึกษาสถานภาพการผลิต และความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อผลผลิต คุณภาพ และปริมาณสาร capsaicin ในพริกพันธุ์การค้าในเขตจังหวัดชัยภูมิ เลย นครราชสีมา และเพชรบูรณ์”. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ. (2550) Area harvested and production of vegetables (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

Behrsing.*et.al* (2000). Efficacy of chlorine for inactivation of *Escherichia coli* on vegetables. Postharvest Biol. Technol. *19*, 187–192.

Bhagsari,A.S. and R.H.Brown.1976. Photosynthesis in peanut (*Arachis*) genotypes. Peanut Science. 3:1-14.

Cheowtirakul and Nguyen Dieu Linh. (2010). The Study of biosurfactant as a cleaning agent For Insecticide Residue in Leafy Vegetables. AU J.T. 14(2): 75-8.

Desai and Banat. (1997). Microbial production of surfactants and their commercial potential. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 61(1): 47-64.

Deleu and Paquot. (2004). From renewable vegetables resources to microorganisms : new trends in surfactants. C. R. Chimie**.** 7: 641-646.

Edwards, K. R., Lepo, J. E., & Lewis, M. A. (2003). Toxicity comparison of biosurfactants and synthetic surfactants used in oil spill remediation to two estuarine species. Marine Pollution Bulletin,46(10), 1309-1316.

Hussein S. Hussein and Jeffrey M. Brasel. (2001). Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. Toxicology. 167: 101–134.

Nageswara Rao, R.C., Talwar, H.S. and Wright, G.C. (2001). Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (Arachis hypogaea L.) using a chlorophyll meter. J. Agron. Crop Sci. 186, 175–182.

Peter Guengerich F. et al. (1996). Involvement of Cytochrome P450, Glutathione S-Transferase, and Epoxide Hydrolase in the Metabolism of Aflatoxin B_1 and Relevance to Risk of Human Liver Cancer. Environmental Health Perspectives. Vol 104, Supplement 3 - May 1996.

Randhir S Makkar, Swaranjit S Cameotra and Ibrahim M Banat. (2011). Advances in utilization of renewable substrates for biosurfactant production. AMB Express journal 2011. 1:5

Rodrigues, L. *et.al*. (2006). Biosurfactants: potential applications in medicine. Journal of Antimicrobial and Chemotherapy, 57(4), 609-618.

Vater *et al*. (2002). Matrix-Assisted laser desorption ionization–Time of Flight Mass Spectrometry of Lipopeptide Biosurfactants in Whole Cells and Culture Filtrates of *Bacillus subtilis* C-1 Isolated from Petroleum Sludge. Applied and environmental microbiology, Dec. 2002, p. 6210–6219.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์ทางสรีรวิทยาของพืช

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความสูงของพืช

ความสูง โดยวัดจากพริกแต่ละสายพันธุ์จำนวน 5 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วนำมาคำนวณหาค่าความสูงเฉลี่ย โดยวัดจากโคนต้นระดับผิวดินจนถึงยอดสูงที่สุด

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขนาดของทรงพุ่มของพืช

ขนาดทรงพุ่ม โดยวัดจากพริกแต่ละสายพันธุ์จำนวน 5 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วนำมาคำนวณหาขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย โดยวัดทรงพุ่มที่กว้างที่สุดของพริกจากทรงพุ่มด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งโดยวัดขนานกับพื้นดินแล้วบันทึกค่า

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของจำนวนกิ่งแขนงของพืช

จำนวนกิ่งแขนงโดยวัดจากพริกแต่ละสายพันธุ์จำนวน 5 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนกิ่งแขนงเฉลี่ย ทำการตรวจวัดโดย นับกิ่งแขนงทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนลำต้นหลัก

การวิเคราะห์หาปริมาณของคลอโรฟิลล์

SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) โดยวัดจากใบที่อยู่แขนงสุดท้ายของยอด ด้วยเครื่อง SPAD chlorophyll meter วัดในช่วงเวลา 9.00 - 11.00 เมื่อพืชมีอายุ 45, 55, 65 และ 75วันหลังจากวันปลูก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ Total Bacteria Count (U.S. AOAC)

นำตัวอย่างปริมาณ 25 กรัม ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone water 225 มิลลิลิตร ใน stomacher bag ตีบดด้วยเครื่อง stomacher โดยใช้ความเร็วรอบปานกลางเป็นเวลา 60 วินาที ได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางในระดับ 10^{-1} และทำการเจือจางเป็นลำดับจนได้ระดับความเจือจางประมาณ 10^{-5} ปิเปต วางแผ่น 3M Petrifilm (Aerobic Count Plate) บนพื้นราบ เปิดแผ่นฟิล์มบนขึ้น ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางแผ่นฟิล์มแผ่นล่าง โดยปิเปตในแนวตั้งฉากกับแผ่น 3M Pertrifilm ค่อยๆ ปิดแผ่นฟิล์มบนลงมา ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ (ใช้นิ้วจับแผ่นฟิล์มปิดลง โดยอย่าปล่อยให้ฟิล์มตกลงมาเอง วางตัวกด (spreader) บนแผ่น 3M Petrifilm ใช้นิ้วชี้กดแรงพอประมาณจนตัวอย่างกระจายเต็มวงกลมภายในขอบโฟม อย่าเลื่อนหรือบิด spreader ปล่อยแผ่น 3M Petrifilm อยู่กับที่ไว้ 1-2 นาที เพื่อให้เจลแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 1 °C เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง ตรวจสอบผลโดยนับจำนวนโคโลนีที่ติดสีแดงทั้งหมดไม่ว่าจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ หรือมีสีเข้มหรืออ่อน

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ *Staphylococcus aureus* (AOAC, 2003.07)

นำตัวอย่างปริมาณ 25 กรัม ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone water 225 มิลลิลิตร ใน stomacher bag ตีบดด้วยเครื่อง stomacher โดยใช้ความเร็วรอบปานกลางเป็นเวลา 60 วินาที ได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางในระดับ 10^{-1} และทำการเจือจางเป็นลำดับจนได้ระดับความเจือจางประมาณ 10^{-5} ปิเปต วางแผ่น 3M Petrifilm STX (Staph Express Count Plate) บนพื้นราบ เปิดแผ่นฟิล์มบนขึ้น ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางแผ่นฟิล์มแผ่นล่าง โดยปิเปตในแนวตั้งฉากกับแผ่น 3M Pertrifilm STX ค่อยๆ ปิดแผ่นฟิล์มบนลงมา ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ (ใช้นิ้วจับแผ่นฟิล์มปิดลง โดยอย่าปล่อยให้ฟิล์มตกลงมาเอง วางตัวกด (spreader) บนแผ่น 3M Petrifilm STX ใช้นิ้วชี้กดแรงพอประมาณจนตัวอย่างกระจายเต็มวงกลมภายในขอบโฟม อย่าเลื่อนหรือบิด spreader ปล่อยแผ่น 3M Petrifilm STX อยู่กับที่ไว้ 1-2 นาที เพื่อให้เจลแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 1 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าหากไม่พบโคโลนีขึ้นบนแผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อ ภายหลัง 24 ชั่วโมง ถือว่าการตรวจสอบนั้นเสร็จสมบูรณ์ ในกรณีที่ตรวจพบโคโลนี นับโคโลนีที่มีสีม่วง-แดง เป็น *S. aureus*

การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus* (FDA-BAM 2001)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 50 g เติมลงใน phosphate buffer 450 ml ที่บรรจุใน flask ขนาด 1000 ml (10^{-1})
2. ทำ serial dilution เป็น 10:90 (10^{-2}), 10:90 (10^{-3})
3. ปิเปตแต่ละ dilution ปริมาตร 0.1 ml spread ลงบนอาหาร MYP agar (ทำ 2 ซ้ำ)
4. นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าไม่ปรากฏ colony ให้บ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง
5. เลือกจานอาหารที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 15-150 colony นับจำนวน colony ที่มีลักษณะโคโลนีสีชมพูล้อมรอบด้วยบริเวณขุ่นขาว ใช้ loop แตะโคโลนี 2 โคโลนี จาก MYP agar เขี่ยลงในอาหาร Nutrient agar slant สำหรับการทดสอบทางชีวเคมีนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. ทดสอบทางชีวเคมี

Gram-stained *Bacillus cereus* จะให้ผลเป็น gram positive รูปร่างเป็นแท่ง มีสปอร์ ใช้ loop เขี่ยลงใน phosphate buffer 0.5 ml เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำมาทดสอบ Phenol red glucose broth เขี่ยเชื้อ 1 loopful ลงในอาหาร phenol red glucose broth ที่มีปริมาตร 3 ml บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง (GasPak anaerobic jar) สังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยอาหารจะขุ่น และเปลี่ยนสีจากแดงเป็นเหลือง

Modified VP medium โดยการเขี่ยเชื้อ 1 loopful ลงในอาหาร MRVP broth ที่มีปริมาตร 5 ml บ่มที 35 °C, 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม alpha-naphthol 0.6 ml และเติม 40% KOH 0.2 ml เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา1 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยอาหารเปลี่ยนเป็นชมพูหรือสีม่วง

MYP agar เขี่ยเชื้อ 1 loop ลงในอาหาร MYP agar บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยสีของอาหารจะไม่เปลี่ยนแปลง

การตรวจวิเคราะห์ *Samonella* spp. (FDA-BAM 2003)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม เติมลงใน phosphate buffer 225 ml ที่บรรจุใน flask ตีให้เข้ากันด้วย Stomacher
2. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 hr นำมาบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ปิเปต 0.1 ml ลงในอาหาร RV broth ปริมาตร 10 ml บ่ม 42°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำมา streak บนอาหาร XLD agar, HE agar นำมาบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. สังเกต colony โดยมีลักษณะโคโลนี โดย
   - บนอาหาร XLD agar โคโลนีมีสีชมพูอาจจะมีหรือไม่สีดำตรงกลาง หรือโคโลนีอาจจะเป็นสีดำ
   - บนอาหาร HE agar โคโลนีมีสีน้ำเงิน-เขียว จนถึงสีน้ำเงิน อาจจะมีหรือไม่สีดำตรงกลาง
6. Pick 2 colony เขี่ยลงในอาหาร Nutrient agar slant สำหรับการทดสอบทาง biochem นำมาบ่มทีอุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
7. ทดสอบทาง Biochem

ทดสอบทางชีวเคมี

Gram-stained (*Salmonella* spp. จะให้ผลเป็น Gram negative รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์)

1. TSI agar slant เขี่ยเชื้อ 1 loopful streak บนอาหาร TSI agar slant บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง สังเกต การเปลี่ยนแปลงโดยอาหารจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีดำ
2. Lysine decarboxylase agar slant เขี่ยเชื้อ 1 loopful streak บนอาหาร Lysine decarboxylase agar slant บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยอาหารจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง
3. Urea broth เขี่ยเชื้อ 1 loopful ลงในอาหาร Urea broth บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยอาหารจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
4. Malonate broth เขี่ยเชื้อ 1 loopful ลงในอาหาร Malonate broth บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง สังเกต การเปลี่ยนแปลงโดยอาหารจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
5. Indole test เขี่ยเชื้อ 1 loopful ลงในอาหาร Tryptone water บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นหยด Kovac's reagent อาหารจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
6. Methyl red test เขี่ยเชื้อ 1 loopful ลงในอาหาร MRVP broth บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง ปิเปตไว้ 1 ml สำหรับการทดสอบ Voges-Proskauer test ส่วนที่เหลือหยดด้วย Methyl red โดยอาหารจะเปลี่ยนเป็นสีแดง
7. Voges-Proskauer test อาหาร MRVP broth 1 ml เติม alpha-napthol 0.6 ml และ 40%KOH 0.2 ml เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ อาหารจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
8. simmon citrate agar เขี่ยเชื้อ 1 loopful streak บนอาหาร simmon citrate agar slant บ่มที 35 °C, 24 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยอาหารจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ *Escherichia coli* (AOAC, 991.04)

นำตัวอย่างปริมาณ 25 กรัม ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone water 225 มิลลิลิตร ใน stomacher bag ตีบดด้วยเครื่อง stomacher โดยใช้ความเร็วรอบปานกลางเป็นเวลา 60 วินาที ได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางในระดับ 10^{-1} และทำการเจือจางเป็นลำดับจนได้ระดับความเจือจางประมาณ 10^{-5} ปิเปต วางแผ่น 3M Petrifilm (*E.coli*/Coliform Count Plate) บนพื้นราบ เปิดแผ่นฟิล์มบนขึ้น ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางแผ่นฟิล์มแผ่นล่าง โดยปิเปตในแนวตั้งฉากกับแผ่น 3M Pertrifilm ค่อยๆ ปิดแผ่นฟิล์มบนลงมา ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ (ใช้นิ้วจับแผ่นฟิล์มปิดลง โดยอย่าปล่อยให้ฟิล์มตกลงมาเอง วางตัวกด

(spreader) บนแผ่น 3M Petrifilm ใช้นิ้วชี้กดแรงพอประมาณจนตัวอย่างกระจายเต็มวงกลมภายในขอบโฟม อย่าเลื่อนหรือบิด spreader ปล่อยแผ่น 3M Petrifilm อยู่กับที่ไว้ 2-3 นาที เพื่อให้เจลแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 1 °C เป็นเวลา 24 (± 2) ชั่วโมง การตรวจผลโดยการนับโคโลนีสีน้ำเงินที่มีฟองแก๊สเป็น *E.coli*

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ Yeast และ Mold

นำตัวอย่างปริมาณ 25 กรัม ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone water 225 มิลลิลิตร ใน stomacher bag ตีบดด้วยเครื่อง stomacher โดยใช้ความเร็วรอบปานกลางเป็นเวลา 60 วินาที ได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางในระดับ 10^{-1} และทำการเจือจางเป็นลำดับจนได้ระดับความเจือจางประมาณ 10^{-5} ปิเปต วางแผ่น 3M Petrifilm PYM (Yeast & Mold Count Plate) บนพื้นราบ เปิดแผ่นฟิล์มบนขึ้น ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางแผ่นฟิล์มแผ่นล่าง โดยปิเปตในแนวตั้งฉากกับแผ่น 3M Pertrifilm PYM ค่อยๆ ปิดแผ่นฟิล์มบนลงมา ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ (ใช้นิ้วจับแผ่นฟิล์มปิดลง โดยอย่าปล่อยให้ฟิล์มตกลงมาเอง วางตัวกด (spreader) บนแผ่น 3M Petrifilm PYM ใช้นิ้วชี้กดแรงพอประมาณจนตัวอย่างกระจายเต็มวงกลมภายในขอบโฟม อย่าเลื่อนหรือบิด spreader ปล่อยแผ่น 3M Petrifilm PYM อยู่กับที่ไว้ 2-3 นาที เพื่อให้เจลแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20-25 °C เป็นเวลา 3-5 วัน การตรวจผลนับยีสต์และราได้ในแผ่นเดี่ยวกัน โดยโคโลนียีสต์จะมีโคโลนีที่มีขอบเขตชัดเจน ขนาดเล็ก นูนตรงกลาง มีสีฟ้าเขียว ในขณะที่เชื้อรา มีโคโลนีขนาดใหญ่ ขอบเขตไม่ชัดเจน มีสีหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อรา ดูเหมือนมีจุดโฟกัสตรงกลางโคโลนี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

การทดสอบหาสารอะฟลาทอกซินด้วยชุดตรวจสอบสำเร็จรูป DOA-Aflatoxin ELISA Test KIT

เป็นวิธีการวิเคราะห์ทาง Immunoassay ในรูปแบบการแข่งขันแบบตรง (Direct competitive Enzyme – Linked Immunosorbent Assay) โดยสารอะฟลาทอกซินจะถูกสกัดออกมาจากตัวอย่างที่บดละเอียดด้วยสารละลายเมธานอล อะฟลาทอกซินในสารสกัดที่กรองได้ ซึ่งเรียกว่าสารพิษอิสระ (free toxin) ในการที่จะไปเกาะจับกับแอนตีบอดี (Antibody) ที่ถูกเคลือบไว้ที่ก้นหลุมทดสอบ (Microtitration plate) หลังจากบ่มไว้ประมาณ 30 นาที ส่วนของสารพิษที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอกที่เกาะจับกับแอนตีบอดีในหลุมทดสอบ สามารถประเมินได้โดยการเติม substrate ที่จะทำปฏิกิริยาเฉพาะกับเอ็นไซม์ชี้บอกเกิดเป็นสี ความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจากผลของปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์กับ substrate สามารถอ่านได้ด้วยสายตาเปรียบเทียบกับสีที่เกิดขึ้นในหลุมทดสอบของสารพิษมาตรฐานระดับต่างๆ หลุมทดสอบใดมีปริมาณสารพิษอิสระน้อยจะเกิดสีเข้ม ถ้ามีสารพิษอิสระมากจะเกิดสีจางตามลำดับ

การอ่านผลเป็นปริมาณสารพิษ (quantitative result) สามารถทำได้โดยอ่านความเข้มของสีในหลุมทดสอบ ด้วยเครื่อง MicroELISA Reader ความเข้มข้นของสีที่เพิ่มขึ้น จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปฏิกิริยาและมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในตัวอย่างนั้นๆ

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารอะฟลาทอกซินด้วย DOA-Aflatoxin ELISA Test KIT

1. **การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์**

การเตรียม washing buffer

นำ washing buffer มาเจือจางเป็น 0.01 M PBS-T โดยเติมน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร สำหรับนำไปใช้ในการเจือจางสารสกัดตัวอย่าง และใช้ล้าง MicroELISA plate

การเตรียม enzyme conjugate

เติม conjugate buffer 1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดทดลองที่มีเอ็นไซม์คอนจูเกต เขย่าเล็กน้อยให้เป็นเนื้อเดียวกัน หรือกลับหลอดขึ้นลงให้เข้ากัน

2. **วิธีการเตรียมตัวอย่าง (Sample preparation)**

สุ่มตัวอย่างผลิตผลทางการเกษตร ทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (blender) ปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

3. **วิธีการสกัดสารพิษจากตัวอย่าง**

3.1 ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วปริมาณ 20 กรัม ใส่ใน flask

3.2 เติม 100 มิลลิลิตร ของ 70% เมทธานอล ลงใน flask (อัตราส่วนของตัวอย่าง ต่อ 70% เมทธานอล = 1.5)

3.3 ปิดปาก flask ด้วยจุกยาง แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

4. การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

4.1 นำตัวอย่างที่ปั่นหรือเขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที

4.2 นำส่วนใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4

4.3 เก็บส่วนใสที่กรองได้ไว้ในหลอดแก้วที่สะอาดปิดสนิท
(สารสกัดที่กรองได้นี้จะมีความเข้มข้นเป็น 1:5 เท่า)

4.4 ทำการเจือจางสารสกัดเป็น 1:20 เท่า โดยใช้สารละลาย 0.01 M PBST ก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยเจือจางในอัตราส่วน 1:3 (สารสกัดตัวอย่าง 1 มิลลิลตร + สารละลาย 0.01M PBST 3 มิลลิลิตร)

5. ขั้นตอนการวิเคราะห์

5.1 วางแผนการใช้หลุ่มทดสอบในแต่ละ stripe

5.2 ปิเปตสารพิษอะฟลาทอกซินมาตรฐาน ระดับความเข้มข้นต่างๆ (0, 0.2, 0.5, 1 และ 2 ng/ml) ปริมาณ 50 ไมโครลิตร/หลุมทดสอบ/ความเข้มข้น และหยดสารสกัดตัวอย่างที่เจือจางเป็น 1:20 แล้ว ปริมาณ 50 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบที่เหลือ

5.3 หยดเอ็นไซม์คอนจูเกต (AFB_1-HRP conjugate) ที่เจือจางใน conjugate Buffer แล้ว ปริมาณ 50 ไมโครลิตร/หลุมทดสอบ ตามลงไปทุกหลุม เขย่าเล็กน้อย แล้วบ่มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาประมาณ 20-30 นาที

5.4 หลังจากครบเวลาการบ่มแล้ว เทสารในหลุมทดสอบทิ้งโดยการคว่ำหลุม

5.5 ล้างหลุมทดสอบ โดยเติม washing buffer (PBS-T) ลงในหลุมให้เต็มทุกหลุม แล้วคว่ำทิ้ง ทำการล้างอย่างน้อย 3 ครั้ง

5.6 คว่ำหลุมทดสอบบนกระดาษซับแล้วเคาะให้แห้ง

5.7 หยด substrate ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบทุกหลุม แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มือ เป็นเวลา 5 – 10 นาที

5.8 หยุดปฏิกิริยาโดยเติม stopping solution (0.5 M Phosphoric acid) ปริมาณ 100 ไมโครลิตร และอ่านค่าความเข้มข้นของสีด้วย MicroELISA Reader ที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร โดยอ่านปฏิกิริยา ภายใน 60 นาทีหลังจากหยุดปฏิกิริยา

การอ่านผลเชิงเชิงปริมาณ (Quantitative Result)

อ่าน MicroELISA Reader ที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เรียกว่าค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance Value) นำค่าการดูดกลืนแสงของสารพิษมาตรฐานระดับความเข้มข้นต่างๆ สร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) บนกระดาษกราฟ semilogarithmic มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง หรือสารพิษมาตรฐานที่ระดับต่างๆ (B) และค่าการดูดกลืนแสงของสารพิษมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 0 ppb (B_0)
2. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง (% maximal binding) ของสารพิษมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น และของตัวอย่างดังนี้

$$\%\ \text{maximal binding} = \frac{B}{B_0} \times 100$$

3. นำค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง (B/B_0) ของสารพิษมาตรฐานทุกความเข้มข้นมาพล็อตกราฟ โดยให้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นแกน y และให้ค่าความเข้มข้นของสารพิษมาตรฐานเป็นแกน X บนกราฟมาตรฐาน (Standard curve)
4. นำค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง (B/B_0) ของแต่ละตัวอย่างมาพล็อตลงบนกราฟมาตรฐานบนแกน Y แล้วลากเส้นตรงขนานกับแกน X มาตัดเส้น standard curve จากนั้นลากเส้นตรงจากจุดตัดลงมาที่แกน X แล้วนำค่าที่ได้บนแกน X คูณด้วย 20 (dilution factor) ได้เป็นค่าความเข้มข้นของสารพิษในตัวอย่างเป็นปริมาณ ppb (µg/kg หรือ ng/kg)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง
มาตรฐานทางด้านจุลินทรีย์และเคมี

ตารางที่ 31 มาตรฐานดัชนีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์สำหรับพริกสดและพริกแห้ง

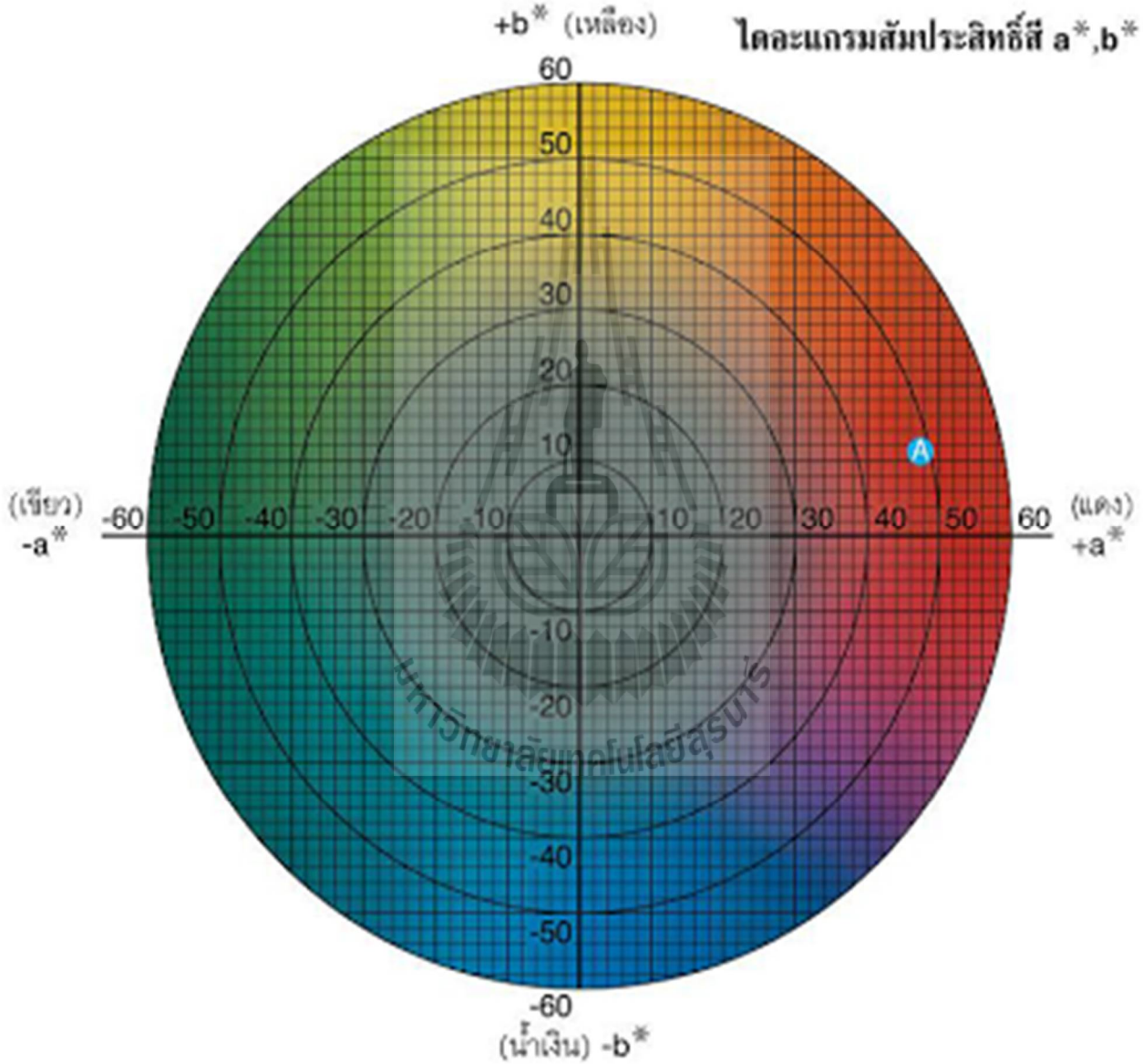
จุลินทรีย์	ประเภทอาหาร	
	พริกสด	**พริกแห้ง**
Total Bacteria Count	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที กลุ่มผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 6.00 Log cfu/g	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารพร้อมปรุงหรืออาหารอื่นๆ) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 6.00 Log cfu/g
Staphylococcus aureus	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที กลุ่มผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 2.00 Log cfu/g	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 1.00 Log cfu/g
Bacillus cereus	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารพร้อมปรุงหรืออาหารอื่นๆ) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 3.00 Log cfu/g	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 3.00 Log cfu/g
Escherichia coli	COMMISSION REGULATION Of on microbiological criteria for foodstuffs (2005) - 2.00 Log cfu/g	COMMISSION REGULATION Of on microbiological criteria for foodstuffs (2005) - 2.00 Log cfu/g
Yeast	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที กลุ่มผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 4.00 Log cfu/g	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 2.00 Log cfu/g
Mold	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที กลุ่มผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 2.69 Log cfu/g	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง) ปี พ.ศ. 2552 - น้อยกว่า 2.00 Log cfu/g
Salmonella spp.	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที กลุ่มผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ) ปี พ.ศ. 2552 - ไม่พบ	ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (หมวดอาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง) ปี พ.ศ. 2552 - ไม่พบ

ตารางที่ 32 มาตรฐานดัชนีคุณภาพทางด้านเคมีสำหับพริกสดและพริกแห้ง

ดัชนีคุณภาพ	ประเภทอาหาร	
	พริกสด	**พริกแห้ง**
สารอะฟลาทอกซิน	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (อาหารทั่วไป) - ไม่เกิน 20 µg/kg	มาตรฐานสินค้าเกษตรพริกแห้ง (มกษ. 3001-2553) - ไม่เกิน 15 µg/kg
ปริมาณความชื้น	-	มาตรฐานสินค้าเกษตรพริกแห้ง (มกษ. 3001-2553) - ไม่เกิน 13.50%
ปริมาณน้ำอิสระ	-	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พริกผงสำเร็จรูป (มผช. 1400/2550) - ไม่เกิน 0.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ
ไดอะแกรมสัมประสิทธิ์แสดงค่าสี



ประวัติผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

นางปิยะวรรณ กาสลัก

นางปิยะวรรณ กาสลัก เกิดเมื่อวันที่ 12 เดือนมีนาคม พ.ศ.2502 ณ จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ. (ชีววิทยา)จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2523 จบการศึกษาระดับปริญญาโท (Biotechnology and Biochemistry) จาก Mie University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2536 และจบการศึกษาระดับปริญญาเอก (Applied Sciences and Biotechnology) จาก Mie University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2539

นางปิยะวรรณ กาสลัก ได้มีผลงานางวิชาการดังต่อไปนี้

Gasaluck, P., Lumprai, S. and Chaiwat, K. 2012. Microbial and heavy metal contamination monitoring of ready-to eat food in Nakhon Ratchasima province. International Journal of Food, Nutrition and Public Health Vol.5 pp. 213-223

Thitikorn, M. and Gasaluck, P. 2011. Effect of Freeze-drying and maltodextrin matrix on Poly-γ-glutamic acid (PGA) productivity from Bacillus subtilis starter powder. In Proceeding International Food Conference "Life Improvement through Food Technology" Surabaya, October 28th-29th pp. 80-85

Natthida, C. and Gasaluck, P. 2011. Bacteriocin production and its crude characterization of lactic acid bacteria isolates from pickled Garcinia schomburgkiana pierre.Asian Journal of Food and Agro-Industry. 4(01) pp. 54-64

Natthida, C. and Gasaluck, P. 2010. Bacteriocin production and its crude characterization of Lactic acid bacteria isolates from pickled Garcinia schomburgkiana Pierre. In Proceeding of 12th Food Innovation Asia Conference on Indigenous Food Research and Development to Global Market). BITEC, Bangkok, Thailand. June 17-18, pp. 640-649

Natthida, C. and Gasaluck, P. 2010. Morphological changes of *Bacillus cereus* TISTR 687 cells induced by crude bacteriocin producing Lactococcus lactis ssp. lactis 1. In Proceeding of 22nd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology (TSB): International Conference on Biotechnology for Healthy Living. Prince of Songkla University, Trang Campos, Thailand. October 20-22.

Petchkongkaew, A., Taillandier,P., Gasaluck, P., and Lebrihi, A. 2008. Isolation of *Bacillus* spp. from Thai Fermented Soybean (Thua-nao): Screening for Aflatoxin B1 and Ochratoxin A detoxification. Journal of Applied Microbiology Vol.104 (No.5) 1495- 1502 (8)

Oonmetta-aree, J., Suzuki, T., Gasaluck, P., and Eumkeb, G. 2006. Antimicrobial Properties and Action of Galangal (Alpinia galanga Linn.) on *Staphylococcus aureus*. LWT Food Science and Technology (39) 1214-1220

Thongbai, B., Gasaluck, P., and Waites, W. M. 2006. Morphological changes of temperature- and pH-stressed Salmonella following exposure to cetylpyridinium chloride and nisin. LWT - Food Science and Technology. (39) 1180-1188

Thongbai, B., Waites, W. M. and Gasaluck, P. 2005. The susceptibility of Bioluminescent *Salmonella typhimurium* Contaminating Chicken Carcases to Cetylpyridinium Cholide and Nisin. Kasetsart Journal: Natural Science October-December 2005. Vol. 39 No. 4 (622-632)

Gasaluck, P. 1999. The Development of the Curricula of Food Technology of Suranaree University of Technology (SUT). In Proceedings of the International Workshop on University Education, Research and in Asia-Pacific Region, Mie University Press, April 6 and 7

Gasaluck, P., Yokoyama, K., Kimura, T. and Sugahara, I. 1996. The occurrence of Bacillus cereus in Local Thai Traditional Foods. J. Antibact. Antifung. Agents Vol 24. No. 5 (349-356)

Gasaluck, P., Yokoyama, K., Kimura, T. and Sugahara, I. 1996. Some Chemical and Microbiological Properties of Thai Fish Sauce and Paste. J. Antibact. Antifung. Agents Vol 24. No. 6, (385-390)

Chinzei, Y., Gasaluck, P., et al. 1995. "A Study of Three Endemic Diseases in Rural Areas of Northeast Thailand." International Scientific Research Program (Grant No. 04041057), Mie University, School of Medicine.

Gasaluck, P. 1994. "Thai Fermented Fish Sauce." In Proceedings of the International Seafood Research Meeting of Mie University, Mie Academic Press, September 30.

Hibasami, H., Midorikawa, Y., Gasaluck, P., Tsukada, T., Shirakawa, S., Yoshimura, H., Imai, M., Nakashima, K. 1992. Growth Inhibition of Canida By 15- Deoxyspergualin, an Immunosuppressive Agent Used In Experiment Organ Transplantation. Letters in Applied Microbiology. Vol 14 (81-83)

Hibasami, H., Midorigawa, Y., Gasaluck, P., Yoshimura, H., Masuji, A., Takaji, S.,

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Nakasahima, K., Imai M. 1991. Bactericidal Effect of 15-Deoxyspergualin, on Staphylococcus aureus. J. Chemotherapy Vol. 37 (202-205)

Midorigawa, Y., Hibasami, H., Gasaluck, P., Yoshimura, H., Masuji, A., Nakashima, K. and Imai, M. 1991. Evaluation of the Antimicrobial Activity of Methyglyoxal B(Guanylhydrazone) Analogdes, The Inhibitors for Polyamine Biosynthetic pathway. J. Applied. Bacteriol Vol 70 (291-293)

Gasaluck, P., Midorigawa, Y., Imai, M. and Yoshimura, H. 1990. Enteropathogenic E.coli (ETEC) Isolation in Northeast Thailand and Their Resistance to Antibiotics. Mie Medical Journal Vol 40 (3):379-384.

Thongrajai, P., Chanarat, P., Kulapongs, P., Chanarat, N., Gasaluck, P. and Kaewpila, S. 1988. Epidermiological Assessment of Anti-HIV I Anti-bodies in Thailand, Sounteast Asian J.Trop.Med.Pub.Hith Vol 19. No. 4 Dec.

Thongrajai, P., Chanarat, P., Kulapongs, P., Chanarat, N. and Gasaluck, P. 1988. Seroepidemiology of Anti-HIV I Antibodies. In Thailand, Srinagarind Hospital Medicine Vol 3. No. 4, Oct-Dec.

Thongrajai, P., Gasaluck, P. et al. 1986. Detection of Anti-Rota Virus Secretory IgA by ELISA. The Second Annual Meeting on Faculty of Medicine Khon Kaen University.

Thongrajai, P., Gasaluck, P. et al., 1986. Diarrhoea in Children in Rural Thailand. 1986. A Full research report to the USAID Department of Microbiogy Faculty of Medicine Khon Kaen University.

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการ: การจัดทำระบบ GMP สำหรับน้ำปรุงรสผัดหมี่ 2555

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย : โครงการเรื่อง “การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ถั่วหมัก โดยการใช้ *Bacillus subtilis* เป็นกล้าเชื้อในการหมัก” 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย : โครงการเรื่อง “การเฝ้าระวังการปนเปื้อนจุลินทรีย์และโลหะหนักในอาหารสำเร็จรูป เพื่อจำหน่ายในเขตจังหวัดนครราชสีมา” 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย : โครงการเรื่อง “สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากการหมักผลเชอร์รี่เปรี้ยว (*Prunus cerasus* L.)” 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการเรื่อง “การศึกษาผลการเติม แคลเซียมเบนโทไนต์ ในอาหารสัตว์ต่อการดูดซับสารพิษจากเชื้อรา” 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการ “การพัฒนากุนเชียงไขมันต่ำ” 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการ “การยืดอายุการเก็บรักษาขนมถั่วกวนอบเทียน” 2553

นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย การศึกษาอายุการเก็บของขนมถั่วอบเทียน 2552
นางปิยะวรรณ กาสลัก ผู้ร่วมโครงการวิจัย โครงการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในโรงฆ่าสุกร การขนส่งจากโรงฆ่าไปยัง จุดจำหน่าย และแหล่งจำหน่ายเนื้อสุกร ในเขตจังหวัดนครราชสีมา และอุบลราชธานี 2552
นางปิยะวรรณ กาสลัก ผู้ร่วมโครงการวิจัยการวิจัย สถานการณ์ความปลอดภัยด้านผักและผลไม้กรณีตลาดนัด-รถเร่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง) 2548
นางปิยะวรรณ กาสลัก หัวหน้าโครงการวิจัย การใช้ไนซินในการยับยั้งการงอกของสปอร์ *Clostridium* spp. ที่คัดแยกมาจากชิ้นปลาที่บรรจุในสภาวะการปรับเปลี่ยนบรรยากาศ 2544

ที่อยู่ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422 - 4270 โทรสาร 0-4422 – 4387
Email address: piyawan@sut.ac.th

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

นายธีรยุทธ เกิดไทย

นายธีรยุทธ เกิดไทยเกิดเมื่อวันที่ 6 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2523 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดสาขาวิชา สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ. (เกษตรศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2545 และจบการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. (พืชไร่) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2552

นายธีรยุทธ เกิดไทย ได้มีผลงานวิชาการดังต่อไปนี้

Girdthai, **T**., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Patanothai, A., and Holbrook, C.C. 2012. Inheritance of the physiological traits for drought resistance under terminal drought conditions and genotypic correlations with agronomic traits in peanut. SABRAO Journal of Breeding and Genetics 44 (2); 240-262.

Koolachart, R., Girdthai**, T**., Jogloy S, Vorasoot N, Wongkaew S and A. Patanothai. 2011. Aspergillus flavus infection and aflatoxin contamination of six peanut genotypes grown under terminal drought. KHON KAEN AGR. J. 39 SUPPLMENT 3; 12-22.

Girdthai, T., Jogloy, S., Kesmala, T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2010. Relationship between root characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in hydroponics and pot studies. Crop Science 50; 159-167.

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and

Patanothai, A. 2010. Associations between physiological traits for drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut genotypes under terminal drought. Plant Breeding, 129; 693-699.

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2010. Heritability of, and genotypic correlations between, aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (Arachis hypogaea L.). Field Crops Research 118; 169-176.

Boontang, S., Girdthai, **T.,** Jogloy, S., Akkasaeng, C., Vorasoot, N., Patanothai A., and Tantisuwichwong N. 2010. Responses of released cultivars of peanut to terminal drought for traits related to drought tolerance. Asian J. Plant Sci., 9: 423-431.

Girdthai, T., Jogloy, S., T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Patanothai, A., and Holbrook, C.C. 2010. Heritability of the physiological traits associated with drought tolerance, and genotypic and phenotypic correlations with agronomic traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under end-of-season drought conditions. In SEB Education and Public Affairs Symposium. Lancaster, UK. September. 13th – 15, 2010

Girdthai, T., Jogloy, S., T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Patanothai, A., and Holbrook, C.C. 2009. Heritability estimates of the physiological traits for terminal drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits of peanut (Arachis hypogaea L.). In The 3rd International Conference on Integrated Approaches to Improve Crop Production under Drought-Prone Environments. VIVAsha Resort Hotel, Shanghai, China. October 11-16, 2009

Girdthai, T., Jogloy, S., T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Patanothai, A., and Holbrook, C.C. 2009. Physiological traits for drought tolerance as indirect selection tools for lower aflatoxin contamination in peanut (Arachis hypogaea L.) under terminal drought. In The 3rd International Conference on Integrated Approaches to Improve Crop Production under Drought-Prone Environments. VIVAsha Resort Hotel, Shanghai, China. October 11-16, 2009

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2009. Heritability of, and genotypic correlations between, aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (Arachis hypogaea L.). In The 2009 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Bhumipol Dam, Samngao district, Tak, Thailand. Nov 18 -19, 2009.

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2009. Relationship between root characteristics of peanut (Arachis hypogaea L.) in hydroponics and pot studies. In The 2009 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Bhumipol Dam, Samngao district, Tak, Thailand. Nov 18 -19, 2009.

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2008. Associations between physiological traits for drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut genotypes under terminal drought. In American Peanut Research and Education Society 2008 Annual Meeting. Renaissance Hotel, Oklahoma City, Oklahoma, USA. July 15-18, 2008.

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2008. Association between surrogate traits of drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut cultivars under terminal drought. In The International Seminar on Sustainable Agriculture Development in Responses to Global Climate Change. June 6 -7, 2008.

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2008. Association between surrogate traits of drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut under terminal drought stress. In The RGJ-Ph.D. Congress IX. Jomtien Palm Beach Hotel & Resort Pattaya. Chonburi, Thailand. Apr 4 -6, 2008

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2008. Heritability estimates of the physiological traits for terminal drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits of peanut (Arachis hypogaea L.). In RGJ Seminar Series: Drought Tolerance in Crop Plants. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. Aug 24, 2009

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2008. Relationship between root characteristics of peanut (Arachis hypogaea L.) in hydroponics and pot studies. In RGJ Seminar Series: Drought Tolerance in Crop Plants. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. Aug 24, 2009

Girdthai, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A. 2007. Association between surrogate traits of drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut under terminal drought stress. In The 2007 technical

meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Ubolrat Dam, Ubolrat, Khon Kaen, Thailand. Nov 14 -15, 2007.

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

นายธีรยุทธ เกิดไทย หัวหน้าโครงการ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยา ระบบราก พารา ภายใต้ระดับการให้น้ำและปุ๋ยที่ต่างกัน

ที่อยู่ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000 โทรศัพท์ (044)224155 หรือ (081)8913822
โทรสาร (044)224281 e-mail; teerayoot@sut.ac.th

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

นายรุจ มรกต

นายรุจ มรกต ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์สังกัดสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ. กีฏวิทยา จากมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2522 จบการศึกษาระดับปริญญาโท M. Sc.กีฏวิทยา จาก Yamaguchi University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2528 และจบการศึกษาระดับปริญญาเอก Ph.D.กีฏวิทยา จาก Kyushu University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี 2532

นายรุจ มรกต ได้มีผลงานวิชาการดังต่อไปนี้

รุจ มรกต ประภัสสร เชยกำแหง อิศเรส เทียนทัด ยุทธนา แสงโชติ เฉลิม สินธุเสก ยุพิน กสินเกษมพงษ์ สุภาพร ชุมพงษ์ ทิพยา ไกรทองประภาพร ฉันทานุมัติ ยิ่งนิยม ริยาพันธ์ พิพัฒน์เซี่ยงหลิ่ว อรุณี ใจเถิง ณัฐกฤติ จันทร์พัฒน์ รุจิรัตน์ จำปาเฟื่อง เรวดี พรหมเกิด และกัญญา จันวิไชย. 2551. การประเมินผลการควบคุมแมลงดำหนามมะพร้าว, Brontispa longissima Gestro (Coleoptera: Chrysomelidae) โดยการควบคุมโดยชีววิธีแบบคลาสสิคจากการใช้แตนเบียน Asecodes hispiarum Boucek (Hymenoptera: Eulophidae) ในประเทศไทย หน้า 97-108. ในรายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง"การป้องกันและกำจัดแมลงดำหนามของมะพร้าวและมาตรการเฝ้าระวัง"สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

เฉลิม สินธุเสก อัมพร วิโนทัย รุจ มรกต ประภัสสร เชยกำแหง ยุพิน กสินเกษมพงษ์ สุภาพร ชุมพงษ์ จรัสศรี วงค์กำแหง ยิ่งนิยม ริยาพันธุ์. 2550. การควบคุมแมลงดำหนามมะพร้าว, Brontispa longissima Gestro (Coleoptera: Chrysomelidae) แบบชีววิธี โดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร เอกสารรายงานผลโครงการวิจัยจากการสนับสนุนจากเงินรายได้จากการดำเนินงานวิจัยการเกษตร กรมวิชาการเกษตร หน้า 65

รุจ มรกต, พิมลพร นันทะ, วิภาดา แสงสร้อย และ เสรี ทรงศักดิ์. 2543 การป้องกันกำจัดศัตรูส้มเขียวหวานโดยวิธีผสมผสาน. หน้า 54-64. ใน เอกสารรายงานผลการดำเนินงานป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2543 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

รุจ มรกต, เกรียงไกร จำเริญมา, บังอร สมานอัคนีย์ และ พิมลพร นันทะ. 2541. แตนเบียนทำลายหนอนชอนใบมังคุด Phyllocnistis sp. (Lepidoptera : Gracillariidae) ว. กีฏ. สัตว. 22(1) : 28-35. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร 3-6 มีนาคม 2541. หน้า 111-120.

รุจ มรกต, บังอร สมานอัคนีย์ และ พิมลพร นันทะ. 2539. การประเมินชนิดและประสิทธิภาพของแตนเบียนทำลายหนอนชอนใบส้ม เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร 24-28 มิถุนายน 2539. หน้า 709-718.

รุจ มรกต, บังอร สมานอัคนีย์ และ พิมลพร นันทะ. 2539. เทคนิคการเลี้ยงขยายพันธุ์แตนเบียนทำลายเพลี้ยไก่แจ้ส้ม เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร 24-28 มิถุนายน 2539. หน้า 718-729.

รุจ มรกต, พิมลพร นันทะ และ บังอร สมานอัคนีย์. 2539. การเปลี่ยนแปลงประชากรของหนอนชอนใบส้ม และแตนเบียนในสวนส้มเขียวหวาน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2. 9-11 ตุลาคม 2538. เล่มที่ 2 หน้า 451-457.

พิมลพร นันทะ, รุจ มรกต, สงคราม ธรรมจารีย์, บังอร สมานอัคนีย์, ชำนาญ ทองกลัด และ ปัญญา ธยามานนท์. 2539. การศึกษาประชากรตามฤดูกาลของหนอนชอนใบส้ม และศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ (ปี 2531-2532) ผลงานค้นคว้าวิจัยกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

รุจ มรกต และพิมลพร นันทะ. 2538. ประสิทธิภาพของแตนเบียนทำลายเพลี้ยไก่แจ้ส้ม Diaphorina citri Kuwayama เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2. 9-11 ตุลาคม 2538. เล่มที่ 2 หน้า 458-463.

รุจ มรกต, พิมลพร นันทะ และ บังอร สมานอัคนีย์. 2537. แตนเบียนทำลายเพลี้ยไก่แจ้ส้ม Diaphorina citri Kuwayama (Homoptera : Psyllidae). เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 1. 20-22 ตุลาคม 2537.

รุจ มรกต, พิมลพร นันทะ และ บังอร สมานอัคนีย์. 2537. การเปลี่ยนแปลงประชากรและเปอร์เซ็นต์การถูกทำลายโดยแตนเบียนของหนอนชอนใบส้ม Phylllocnistis citrella Stainton ในสวนส้มโอ จังหวัดชัยนาท เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 9, 21 – 24 มิถุนายน 2537. หน้า 835-846.

พิมลพร นันทะ, รุจ มรกต, สถิตย์ ปฐมรัตน์, บังอร สมานอัคนีย์. 2537. การศึกษาประชากรของหนอนชอนใบส้มโอ Phyllocnistis citrella และ ศัตรูธรรมชาติ วารสารกีฏและสัตววิทยา. 17(2) 86-93.

รุจ มรกต, พิมลพร นันทะ, บังอร สมานอัคนีย์ และ สุรพงศ์ บุญยงค์. 2535. แตนเบียนทำลายหนอนชอนใบส้ม Phylllocnistis citrella Stainton เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 8, 23 – 26 มิถุนายน 2535. หน้า 736-745.

Hoy, M.A., A Jeyaprakash, R. Morakote, K.C. Lo, and R. Nguyen. 2000. Genomic Analyses of two Populations of Ageniaspis citricola (Hymenoptera : Encyrtidae) Suggest That a Cryptic Species May Erist. Biological Control 17.

Mitsutaka Sukakibara and Rut Morakote. 1998. Late-rainy-season parasitoids of the citrus leafminer, Phyllocnistis citrella (Lepidoptera : Phyllocnistidae) in Thailand. Kunshu Pl. Prot. Res. 44 : 108-110 p.

Morakote, R. and P. Nanta. 1996. Managing the Citrus Leafminer in Thailand In Proceeding from an International Conference on Managing the Citrus Leafminer, Orlando, Florida, USA., April 23-25, 1996.

Morakote, R. and P. Nanta. 1996. Natural Enemies of Citrus leafminer, Phyllocnistis citrella Stainton in Thailand. p. 90 In Proceeding from an International Conference on Managing the Citrus Leafminer, Oriando, Florida, USA., April 23-25, 1996.

Ujiye T, K. Kamijo and R. Morakote. 1996. Species Composition of Parasitoids and Rate of Parasitism of Citrus Leafminer (CLM), Phyllocnistis citrella Stainton (Lepidoptera : Gracillaeiidae) in Central and Northern Thailand, with Key to Parasitoids of CLM Collected from Japan, Taiwan and Thailand. Bull. Fruit Tree Res. Stn. 29 : 79-106 pp.

Morakote, R. and P. Nanta. 1995. Current Status of Biological Control Research on Citrus Leaf Miner Phyllocnistis citrella and Asian Citrus Psyllid, Diaphorina citri Kuwayama in Thailand. In Proceeding of Semi-Annual Workshop of Integrated Pest Management in Selected Fruit Trees. 83-89.

Nanta P., R. Morakote., B. Samanakkanee and S. Pathomrat. 1992. The Role of Hymenopterous Parasitoids Attacking Citrus Leafminer. *Phyllocnistis citrella* in Pummelo Orchard at Pichit Province, Thailand. p. 328 In Proceedings of XIX International Congress of Entomology. Beijing, China.

Ujiye, T., and Morakote. 1992. Parasitoids of the Citrus Leafminer, Phyllocnistis citrella Stainton (Lepidoptera : Phyllocinisidae) in Thailand. Japan. J. Appl. Ent. Zool. (Tokyo), 36 : 253-255.

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ การผลิตศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยแป้ง*ส้ม Planococcus citri* Risso เพื่อควบคุมโดยชีววิธี 2549

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ พัฒนารูปแบบการผลิตและการใช้แตนเบียนชนิดต่างๆควบคุมหนอนชอนใบส้ม 2544

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ พัฒนารูปแบบการผลิตและการใช้แตนเบียนชนิดต่างๆควบคุมเพลี้ยไก่แจ้ส้ม 2544

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ การศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการป้องกันกำจัดศัตรูส้มเขียวหวานแบบผสมผสานกับวิธีการของเกษตรกร 2543

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ การเปลี่ยนแปลงประชากรหนอนชอนใบมังคุด 2541

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ การเปลี่ยนแปลงประชากรของหนอนชอนใบส้ม และแตนเบียนในสวนส้มเขียวหวาน 2539

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ ผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีต่อแตนเบียนทำลายหนอนชอนใบส้มในสวนส้มโอ 2539

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ การเลี้ยงขยายพันธุ์แตนเบียนทำลายเพลี้ยไก่แจ้ส้ม 2537

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการ ชนิดและชีววิทยาของศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยไก่แจ้ส้ม 2536

นายรุจ มรกต หัวหน้าโครงการการศึกษาชนิดและชีววิทยาศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูส้มเขียวหวานและส้มโอที่สำคัญทางเศรษฐกิจ 2533

ที่อยู่ สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชา เทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044 - 224259, โทรสาร 044 – 224281
E-mail : rmorakot@sut.ac.th

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

นายสุเวทย์ นิงสานนท์

นายสุเวทย์ นิงสานนท์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดสาขาวิชา สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ Food Science จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2519 จบการศึกษาระดับปริญญาโท M.S. Food Processing จาก University of Alberta ประเทศแคนาดา เมื่อปี พ.ศ. 2529 และจบการศึกษาระดับปริญญาเอก Ph.D. Food Processing จาก University of Alberta ประเทศแคนาดา เมื่อปี พ.ศ. 2533

นายสุเวทย์ นิงสานนท์ ได้มีผลงานวิชาการดังต่อไปนี้

Singthong, J., Oonsivilai, R., Oonmetta-aree., and Ningsanond, S. 2014. Bioactive compounds and encapsulation of Yanang (Tiliacora Triandra) leaves. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines. Vol. 931-932: 76 – 84.

J. Singthong, R. Oonsivilai, J. Oonmetta-aree, S. Ningsanond. 2012. Phytochemical profiles, antioxidant activity, and cytotoxicity of Cissampelos pareira (Krueo Ma Noy) extract on Caco-2 cells. The 14th Food Innovation Asia Conference 2012. BITEC, Bangna, Bangkok, June 14-15, Poster Presentation.

Duangsee, R., Phoopat, N., and *Ningsanond, S.* 2009. Phycocyanin extraction from *Spirulina plantensis* and extract stability under various pH and temperature. As. J. Food Ag-Ind. 2(4):819-826.

Singtong, J., *Ningsanond, S.*, and Cui, S.W. 2009. Extraction and Physicochemical Characterization of Po;ysaccharides gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) Leaves. Food Chem. 114(4): 1301-1307.

Hongvaleerat, C., Cabral, L.M.C., Dornier, M., Reynes, M., *Ningsanond, S.*, 2008. Concentration of Pineapple Juice by Osmotic Evaporation. J. Food Eng. 88:548–552.

Oonsivilai, R., Ferruzzi, M.G., and *Ningsanond, S*. 2008. Antioxidant activity and cytotoxicity of Rang Chuet (Thunbergia laurifolia Lindl.) extracts. As. J. Food Ag-Ind. 1(2):116-128.

Oonsivilai, R., Cheng, C., Bomser, J., Ferruzzi, M.G., and *Ningsanond, S*. 2007. Phytochemical profiling and Phase II enzyme-inducing properties of Thunbergia laurifolia Lindl (RC) extracts. Journal of Ethnopharmacology 114(3):300-306.

Oonsivilai, R., Cheng, C., *Ningsanond, S.*, Bomser, J.A., and Ferruzzi, M.G. 2006. Induction of quinine reductase activity in marine hepatoma cells by extracts of *Thunbergia laurifolia* Lindl. *FASEB J.* 20(4):A154. Part 1.

Singthong, J., *Ningsanond, S*., Cui, S.W., and Goff, H.D. 2005. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. Food Hydrocolloids. 19(5): 793–801.

Singthong, J., Cui, S. W., *Ningsanond, S.,* and Goff, H. D. 2004. Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy. Carbohydrate Polymers. 58(4): 391-400.

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

นายสุเวทย์ นิงสานนท์ หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในโรงฆ่าสุกร

การขนส่งจากโรงฆ่าไปยัง จุดจำหน่าย และแหล่งจำหน่ายเนื้อสุกร ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและอุบลราชธานี 2552

นายสุเวทย์ นิงสานนท์ หัวหน้าโครงการวิจัย สถานการณ์ความปลอดภัยด้านผักและผลไม้กรณีตลาดนัด-รถเร่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง) 2548

ที่อยู่ สาขาวิชาเทคโนโลยี สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044 - 224151, โทรสาร 044 – 224150
E-mail : suwayd@yahoo.com

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี