

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย

2. โครงการวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรในห่วงโซ่การผลิต

กิจกรรม

การตรวจสอบคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยของสินค้าเกษตรด้านพืช

3. ชื่อการทดลอง

การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์อีโคไล (*E. coli*) และซาลโมเนลล่า (*Salmonella* spp.) ในกระบวนการผลิตพืชผัก GAP

To study the risk of *E. coli* and *Salmonella* spp. Contamination in GAP-plant production.

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง

น.ส.เชมมิการ์ โชมพัตร

สังกัด...สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8

ผู้ร่วมงาน

น.ส.ปรียากร ฤทธิสุนทร

สังกัด...สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8

น.ส.ปิยพร ภัทรกิจนิรันดร์

สังกัด...สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8

น.ส.จารีย์ เจษฏารมย์

สังกัด...สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8

5. บทคัดย่อ

ปัจจุบันกระบวนการตรวจสอบผลผลิตพืชผักทางการเกษตรที่ผลิตโดยระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice ; GAP) ในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างได้ดำเนินการผ่านการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* (*E. coli*) และ *Salmonella* spp. โดยใช้มาตรฐานสินค้าพืชผักส่งออกไปยังประเทศยุโรปเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพความปลอดภัย ในขณะที่ยังไม่มีฐานข้อมูลการปนเปื้อนของพืชผักที่ผลิตจากแปลงสำหรับใช้พิจารณาความเหมาะสมของการใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพพืชผักจากแปลง GAP

การสุ่มเก็บตัวอย่างพืช และตัวอย่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ได้แก่ ดิน น้ำ ปุ๋ย สารละลายธาตุอาหาร แผ่นโพรหมรองปลูก ภาชนะบรรจุ และสุขอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน ได้ดำเนินการในแปลงผลิตพืช GAP ในพื้นที่

จังหวัดตรัง สงขลา และพัทลุง โดยนำมาวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* *Salmonella* spp. และ total coliform เพื่อจำแนกออกเป็นระดับการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และความถี่ที่ตรวจพบการปนเปื้อนในแต่ละระดับ พบว่า พืชที่ปลูกด้วยด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์จำนวน 63 ตัวอย่าง ผ่านมาตรฐาน 85.71 เปอร์เซ็นต์ โดยจุดเสี่ยงที่ตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. ปนเปื้อนอยู่ ได้แก่ สารละลายธาตุอาหาร น้ำใช้ในแปลง และฝ่ามือของผู้ปฏิบัติงาน ในขณะที่ตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุกปัจจัยที่สุ่มตรวจ สำหรับพืชที่ปลูกด้วยระบบปกติจำนวน 72 ตัวอย่าง พบผ่านมาตรฐาน 97.22 เปอร์เซ็นต์ และทุกปัจจัยที่สุ่มตรวจมีการตรวจพบเชื้อ *E. coli* ขณะที่ตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. ในอัตราความถี่ไม่เกิน 40% ในน้ำ ปุ๋ยน้ำ และดินที่ปลูก สำหรับโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพด้านสุขอนามัยของผลผลิตพบว่ามีตรวจพบในทุกๆปัจจัยที่สุ่มตรวจเช่นกันโดยมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์

ผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวทำให้ทราบถึงแนวโน้มในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญในกระบวนการผลิตพืช GAP ทั้ง 2 ระบบ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาให้คำแนะนำแก่เกษตรกรในการระมัดระวังการปฏิบัติงานและหลีกเลี่ยงหรือลดโอกาสในการก่อให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งจะต้องให้คำแนะนำควบคู่ไปกับการให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอันตรายและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแปลงของตนได้อย่างเหมาะสมต่อไป

6. คำนำ

ในกระบวนการผลิตอาหารปลอดภัย(food safety) ปัจจัยที่จะถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาถึงความปลอดภัย ได้แก่ ความปลอดภัยด้านกายภาพ ความปลอดภัยด้านเคมี และความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์หรือชีวภาพ ซึ่งปัจจุบันกระบวนการผลิตพืชผักตามระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) เป็นแนวทางปฏิบัติที่ภาครัฐให้การสนับสนุนโดยมีการกำหนดการจัดการขั้นตอนต่างๆขึ้นจากการเตรียมพันธุ์พืช การจัดการปัจจัยการผลิตต่างๆ การเก็บเกี่ยวและขนส่ง การจัดการด้านสุขลักษณะ เป็นต้น อย่างไรก็ตามทุกๆขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอาหารปลอดภัยได้เน้นด้านการป้องกันการตกค้างจากสารเคมีเป็นปัจจัยหลักแทบทั้งสิ้น ในขณะที่มีข้อมูลด้านการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตพืชผัก GAP อยู่ไม่มากนัก สำหรับพืชผักจากแปลง GAP เหล่านี้จัดเป็นแหล่งวัตถุดิบสำคัญสำหรับผู้ประกอบการด้านการส่งออกสินค้าเกษตร เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการตกค้างของสารเคมีน้อยกว่าพืชผักจากแปลงที่ไม่ผ่านมาตรฐาน อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังคงพบว่าพืชผักหลายชนิดที่ส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศยุโรปยังคงถูกระงับอยู่บ่อยครั้งเนื่องจากการตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในพืชผักเหล่านั้น ทั้งนี้ในอดีตพบว่าประเทศไทยเคยได้รับการแจ้งเตือนเรื่องการตรวจพบเชื้อ *Escherichia coli* และ เชื้อซาลโมเนลล่า (*Salmonella* spp.) อยู่บ่อยครั้ง เช่น ในปี 2548 ประเทศนอร์เวย์ได้สั่งห้ามนำเข้าสินค้าผักสดจากประเทศไทยเป็น

การชั่วคราวจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ สะระแหน่ ตะไคร้ ผักชีฝรั่ง ผักชีไทย โหระพา ผักแขยง ผักแพ้ว และชะอม เนื่องจากนอร์เวย์ได้ตรวจพบเชื้อ *E. coli* และเชื้อ *Salmonella* spp. ปนเปื้อนในใบสะระแหน่ ผักชี โหระพา ใบจันทน์หอม และใบกระเพราของไทยที่วางจำหน่ายในตลาดนอร์เวย์ ถึง 12 ครั้งในช่วงหนึ่งเดือน ขณะเดียวกันประเทศไอซ์แลนด์ได้ตรวจพบเชื้อ *E. coli*, *Salmonella* spp. และ *Enterobacteria* ในสินค้าผักสดและผักกินใบที่นำเข้าจากประเทศไทยจำนวน 10 รายการ นอกจากนี้ที่ประเทศฟินแลนด์ยังตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. ในผักสดอีก 2 รายการ ทำให้ฟินแลนด์ปฏิเสธการนำเข้าและตีกลับสินค้าล็อตนั้น หรือในช่วงเดือนกรกฎาคม 2551- กุมภาพันธ์ 2552 ได้มีการสรุปรายงานการแจ้งเตือนเรื่องการตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากประเทศทางยุโรป ได้แก่ การตรวจพบ *Salmonella* spp. ในใบบวบก ผักแพรว ใบโหระพา และใบชะอม โดยแจ้งพบจากประเทศเนเธอร์แลนด์ (www.doa.go.th/Portals/0/ปชสภายนอก/ปัญหาการนำเข้าส่งออก%20EU.pdf)

จากการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในพืชผัก ได้เคยมีการตรวจพบแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli* O157:H7 ที่ใบและรากของผักที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยคอก (Natvin, et. al., 2002) นอกจากนี้ยังพบว่า *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7 และ *Listeria monocytogenes* สามารถรอดชีวิตอยู่ในปุ๋ยคอกได้เป็นระยะเวลานาน (Tauxe, 1997; Brackett, 1999) ผักผลไม้ต่างชนิดกันจะมีจำนวนและชนิดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนต่างกัน โดยจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเริ่มต้นจะบ่งถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในกรณีที่มีจุลินทรีย์เริ่มต้นปนเปื้อนในวัตถุดิบมาก จะทำให้ผักผลไม้มีคุณภาพที่ด้อยลงและมีอายุการเก็บที่สั้นกว่าปกติ (Zagory, 1999) และเมื่อพิจารณาประเภทของผัก พบว่าผักประเภทใบมีโอกาสในการปนเปื้อนสูงที่สุด เนื่องจากมีพื้นผิวสัมผัสมากทำให้ง่ายต่อการยึดเกาะของจุลินทรีย์ (NACMCF, 1999) ถึงแม้ว่าการตัดแต่งส่วนที่เน่าเสียออกก่อนการล้างจะช่วยกำจัดจุลินทรีย์ออกบางส่วนก็ตาม แต่การตัดแต่งอาจทำให้เนื้อเยื่อพืชฉีกขาดทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำหรือสิ่งแวดล้อมสามารถเข้าทำลายได้ง่ายขึ้นจะเห็นได้ว่าความปลอดภัยจากจุลินทรีย์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการค้าระหว่างประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนสามารถก่อให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้บริโภคบางราย เช่น ในกรณีของการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ในอาหารที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 2549 ส่งผลให้มีผู้ป่วยถึง 187 รายใน 28 หลังจากรับประทานผักโขมที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียตัวนี้ และต่อมามีผู้เสียชีวิตจากการติดเชื้อโรคนี้ในสหรัฐถึง 3 ราย เป็นต้น ดังนั้นในอนาคตที่โลกกำลังก้าวสู่การเปิดเสรีทางการค้า สิ่งที่จะถูกนำมาพิจารณาในการต่อรองจึงมีแนวโน้มไปในเรื่องของคุณภาพและความปลอดภัยในอาหารนั้นๆ เหตุการณ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการผลิตพืชผักปลอดภัยทั้งกระบวนการจะต้องมีการควบคุมในปัจจัยด้านความปลอดภัยให้ครอบคลุมไปถึงความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนด้วย ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่กรมวิชาการเกษตรมีกำหนดให้ตรวจสอบก่อนนำส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งได้แก่ เชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่เติบโตในลำไส้ของสัตว์เลื้อยคลาน ดังนั้นอุจจาระที่สัตว์เลื้อยคลานถ่ายออกมาจึงนับเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อแหล่งแรกและสามารถแพร่ไปได้ทั้งในแหล่งน้ำ ดิน ปุ๋ยคอก โดยกระจายไปกับน้ำ หรือมีคนและสัตว์ต่างๆเป็นพาหะในการแพร่กระจาย ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยเสี่ยงใน

กระบวนการผลิตผัก GAP จึงอาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากการใช้น้ำรดพืชผัก การปลูกในแหล่งที่มีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในดิน การได้รับปุ๋ยที่มีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน การจัดการหลังเก็บเกี่ยวโดยขาดสุขอนามัยที่ดีของเกษตรกร เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อเป็นการริเริ่มให้กระบวนการผลิตอาหารปลอดภัยมีความครอบคลุมในทุกปัจจัยที่เกี่ยวข้องผู้ทดลองจึงได้กำหนดแผนการวิจัยเบื้องต้นโดยการศึกษาปัจจัยเสี่ยงต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการผลิต ได้แก่ ปัจจัยเสี่ยงจากการใช้น้ำในการเกษตร การใช้ปุ๋ย วิธีการเก็บเกี่ยว ไปจนถึงการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรก่อนนำมาวางจำหน่าย เพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยเสี่ยงที่มีผลให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* และ *Salmonella spp.* ในกระบวนการผลิตพืชผัก GAP ทั้งระบบ สำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณานำมาปรับใช้กับกระบวนการผลิตแปลงเกษตรที่ดีที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต

7. วิธีดำเนินการ :

7.1 อุปกรณ์

1. วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ ได้แก่ ถุงมือ ถุงซิปลงสำหรับใส่ตัวอย่าง ขวดบรรจุน้ำ หลอดบรรจุอาหารเหลว อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ก้านไม้พันสำลีที่ปลอดเชื้อ ตะเกียงแอลกอฮอล์ ไฟแช็ค เป็นต้น
2. วัสดุอุปกรณ์สำหรับตรวจวิเคราะห์เชื้อ *E. coli*, total coliform, *Salmonella spp.* และ Total plate count (TPC) ได้แก่ ชุดทดสอบ petrifilm สำหรับเชื้อ *E. coli*, total coliform ชุดทดสอบ ELISA สำหรับเชื้อ *Salmonella spp.* และ Nutrient agar สำหรับ TPC เป็นต้น
3. เครื่องแก้วสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ฟลาสก์ ปีกเกอร์ กระจกตวง กรวยกรอง เป็นต้น
4. สารเคมีต่าง ๆ เช่น เอทานอล อาหารเลี้ยงเชื้อ
5. เครื่องอ่าน ELISA Reader
6. เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (micro pipette)
7. ตาชั่ง 2 ตำแหน่ง
8. กระดาษกรองเบอร์ 4
9. ตูบมัลเลียงเชื้อ
10. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูง

7.2 วิธีการ

7.2.1 การสุ่มเก็บตัวอย่าง

การสุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงผลิตพืช GAP ในพื้นที่จังหวัดตรัง สงขลา และพัทลุง โดยเก็บพืช/ดิน/ปุ๋ยคอก (ประมาณครึ่งกิโลกรัม) น้ำ/สารละลายธาตุอาหาร/ปุ๋ยน้ำ(ประมาณ1ลิตร) ทำการเก็บสุ่มหัวแปลง กลางแปลงและท้ายแปลงเพื่อให้ได้ปริมาณที่ต้องการ และสุ่ม swab ภาชนะบรรจุ อุปกรณ์ที่ใช้เพาะปลูก รวมทั้งสุขอนามัยของเกษตรกร

ผู้ปฏิบัติงาน กำหนดพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างคือ 25 ตารางเซนติเมตร บรรจุตัวอย่างในภาชนะปิด และเก็บตัวอย่างไว้ในกล่องพลาสติกที่มีอุปกรณ์ให้ความเย็น (ice pack) จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ดำเนินการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมงหลังการเก็บ

7.2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. เชื้อ *E. coli* และ Total coliform bacteria ในพืชผัก และดิน : AOAC 2005, 991.14 Coliform and *Escherichia coli* Counts in Foods รายงานผลในหน่วย CFU/น้ำหนักตัวอย่างสด 25 กรัม

2. เชื้อ *E. coli* และ Total coliform bacteria ในน้ำ/สารละลายธาตุอาหาร : modified Schraft and Watterworth (2005) รายงานผลในหน่วย CFU/ปริมาตรตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

3. เชื้อ *Salmonella spp.* ในพืชผัก/ดิน/น้ำ/สารละลายธาตุอาหาร : AOAC Official Method 998.09- Tecra Ultima and TECRA VIA the Following Modification : Pre-enrichment in BPW. รายงานผลในหน่วย ND หรือ detected /น้ำหนักสด 25 กรัม สำหรับพืชและดิน และหน่วย ND หรือ detected/ปริมาตรตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

4. swab test : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3655/> รายงานผลดังนี้

E. coli และ total coliform : รายงานผลในหน่วย CFU/พื้นที่ 25 ตารางเซนติเมตร

Salmonella spp. : รายงานผลในหน่วย ND หรือ detected /พื้นที่ 25 ตารางเซนติเมตร

5. เกณฑ์รายงานผลวิเคราะห์

5.1 การพิจารณาคุณภาพของผลผลิตพืช ใช้เกณฑ์พืชผักส่งออกอ้างอิงเปรียบเทียบ ซึ่งในการส่งออกพืชผักสดไปยังกลุ่มประเทศยุโรปได้มีการกำหนดมาตรฐานการควบคุมคุณภาพสินค้าโดยอนุญาตให้สามารถตรวจพบเชื้อ *E. coli* ได้ไม่เกิน 100 cfu ต่อน้ำหนักพืชสด 1 กรัม และต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella spp.* ในพืชสด 25 กรัม

5.2 การพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ได้แก่ สารละลายธาตุอาหาร น้ำ ปุ๋ยน้ำ ดิน ปุ๋ยคอก ภาชนะบรรจุ สุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน แผ่นโพรท็อกซ์ กำหนดเป็นค่าที่วิเคราะห์ได้ 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1(ND) ตรวจไม่พบเชื้อในตัวอย่าง 25 กรัมสำหรับพืช ดิน และปุ๋ยคอก หรือ

ตรวจไม่พบเชื้อในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว หรือ

ตรวจไม่พบเชื้อจากการทดสอบด้วย swab test ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 25 cm²

ระดับ 2 (1-100)ตรวจพบเชื้อในช่วง 1-100 cfu ในตัวอย่าง 25 กรัมสำหรับพืช ดิน และปุ๋ยคอก หรือ

ตรวจพบเชื้อในช่วง 1-100 cfu ในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว หรือ ตรวจพบเชื้อในช่วง 1-100 cfu จากการทดสอบด้วย swab test ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 25 cm²

ระดับ 3 (101-1,000) ตรวจพบเชื้อในช่วง 101-1,000 cfu ในตัวอย่าง 25 กรัมสำหรับพืช ดิน และปุ๋ยคอก หรือ

ตรวจพบเชื้อในช่วง 101-1,000cfu ในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว หรือ

ตรวจพบเชื้อในช่วง 101-1,000cfu จากการทดสอบด้วย swab test ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 25 cm²

ระดับ 4 (>1,000) ตรวจพบเชื้อในช่วง >1,000 cfu ในตัวอย่าง 25 กรัมสำหรับพืช ดิน และปุ๋ยคอก หรือ

ตรวจพบเชื้อในช่วง >1,000 cfu ในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว หรือ ตรวจ

พบเชื้อในช่วง >1,000 cfu จากการทดสอบด้วย swab test ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 25 cm²

8. ระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด ตุลาคม 2553-กันยายน 2555

9. สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

10. ผลการทดลองและวิจารณ์

เนื่องจากพืชผัก GAP ที่มีการผลิตในพื้นที่จังหวัดตรัง สงขลา และพัทลุง มีการปลูกต่างกัน 2 ระบบได้แก่ ระบบไฮโดรโปนิคส์ และระบบปกติ (ใช้ดินปลูก) ดังนั้นจึงจำแนกผลวิเคราะห์โดยใช้ระบบปลูกดังกล่าวเป็นเกณฑ์

10.1 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในพืชผักจากแปลง GAP ในจังหวัดตรัง สงขลา และพัทลุง ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์

ผลการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชในพื้นที่จังหวัดตรัง สงขลา และพัทลุง จากแปลง GAP จำนวน 10 ชนิดพืช ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ ได้แก่ ผักกรีนโอ๊ค ผักกาดขาว ผักกาดหอม ผักบัตเตอร์เฮด ผักบุ้ง ผักฟิลเลย์ ผักเรดโอ๊ค ผักฮ่องเต้ ผักกวางตุ้ง และผักคะน้า จำนวนทั้งสิ้น 63 ตัวอย่างวิเคราะห์ พบว่า ผลวิเคราะห์โดยรวมของทั้ง 3 จังหวัด ผ่านมาตรฐาน 54 ตัวอย่าง หรือ คิดเป็น 85.71 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด สำหรับผักฮ่องเต้ ผักกวางตุ้ง และ ผักคะน้า พบว่ามีบางตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐานโดยพบเป็น 3 กรณีในอัตราความถี่ใกล้เคียงกัน คือ กรณีที่ 1. ตรวจพบ *E. coli* ปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐาน กรณีที่ 2. ตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. กรณีที่ 3. ตรวจพบทั้ง *E. coli* เกินค่ามาตรฐาน และพบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างเดียวกัน

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์เชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. ในพืชผักจากแปลง GAP ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์

ลำดับ	จังหวัด	ชนิดพืช	จำนวน	จำนวน	ความถี่ของผลวิเคราะห์
-------	---------	---------	-------	-------	-----------------------

					ผ่าน		ไม่ผ่าน		
					ND	<i>E. coli</i> น้อยกว่า เกณฑ์ มาตรฐาน	<i>E. coli</i> มากกว่า เกณฑ์ มาตรฐาน	<i>Salmon</i> <i>ella</i> spp.	<i>E. Coli</i> มากกว่า เกณฑ์มาตรฐาน + <i>Salmonella</i> spp.
1	ตรัง	ผักคะน้า	8	4	4	2	0	1	1
		ผักกวางตุ้ง	7	5	5	1	0	1	1
		ผักกาดขาว	7	7	5	2	0	0	0
		ผักกาดหอม	1	1	1	0	0	0	0
		ผักฮ่องเต้	3	2	1	1	1	0	0
		ผักกรีนโอ๊ค	1	1	1	0	0	0	0
2	สงขลา	ผักคะน้า	4	4	4	0	0	0	0
		ผักกวางตุ้ง	9	8	8	0	1	0	0
		ผักกาดขาว	6	6	6	0	0	0	0
		ผักบัตเตอร์							
		เฮด	2	2	2	0	0	0	0
		ผักบุ้ง	1	1	1	0	0	0	0
		ผักฟิลเลย์	2	2	2	0	0	0	0
		ผักเรดโอ๊ค	2	2	2	0	0	0	0
		ผักฮ่องเต้	5	5	5	0	0	0	0
3	พัทลุง	ผักกวางตุ้ง	2	1	1	0	1	0	0
		ผักกาดขาว	3	3	1	2	0	0	0
(ตัวอย่าง)			63	54	49	8	3	2	2
					77.				
(เปอร์เซ็นต์)			100.00	85.71	78	12.70	4.76	3.17	3.17

10.2 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในพืชผักจากแปลง GAP ในจังหวัดตรัง สงขลา และพัทลุง ที่ปลูกด้วยระบบปกติ

ผลการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชในพื้นที่จังหวัดตรัง สงขลา และพัทลุง จากแปลง GAP จำนวน 19 ชนิดพืช ที่ปลูกในระบบปกติ ได้แก่ กระเจี๊ยบเขียว ตะไคร้ ต้นหอม แตงกวา บวบ ใบชะมวง ผักกูด ผักไต้หวัน ผักบุ้ง ผักวอเตอร์เกรส ผักเหลียง ผักตบชวย พริก ฟักเขียว มะกอก มะเขือเปราะ มะเขือยาว ยอดมะรุ้ม และโหระพา จำนวนทั้งสิ้น 72 ตัวอย่างวิเคราะห์ พบว่า ผลวิเคราะห์โดยรวมของทั้ง 3 จังหวัด ผ่านมาตรฐาน 70 ตัวอย่าง หรือ คิดเป็น 97.22

เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด อย่างไรก็ตามพบว่า ผักกูดจำนวน 2 ใน 8 ตัวอย่าง ไม่ผ่านมาตรฐานเนื่องจากตรวจพบเชื้อ *E. coli* เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์เชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. ในพืชผักจากแปลง GAP ที่ปลูกด้วยระบบปกติ(ดิน)

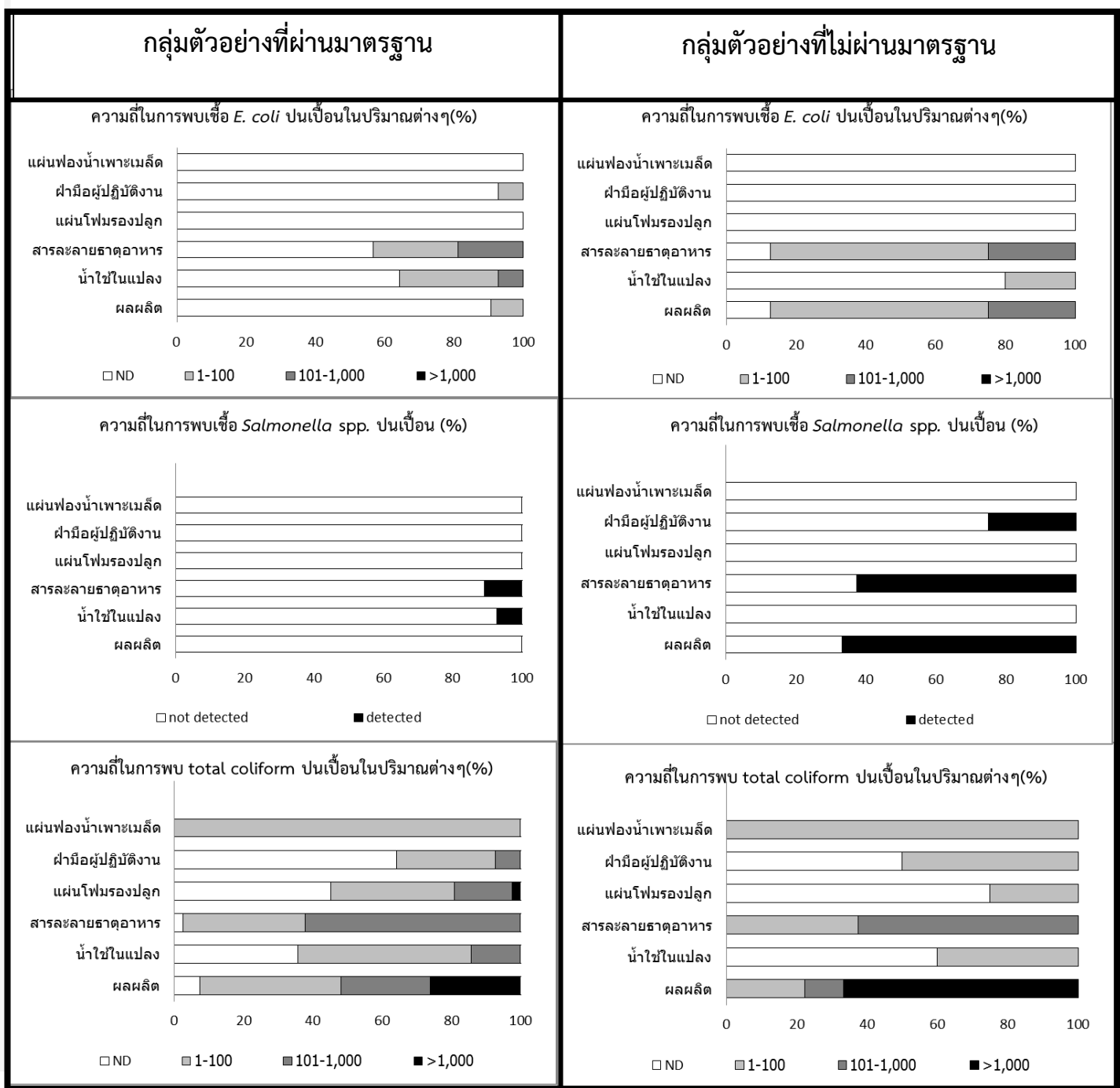
ลำดับ	จังหวัด	ชนิดพืช	จำนวน ตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่างที่ ผ่าน มาตรฐาน	ความถี่ของผลวิเคราะห์				
					ผ่าน		ไม่ผ่าน		
					ND	<i>E. coli</i> น้อยกว่า เกณฑ์ มาตรฐาน	<i>E. coli</i> มากกว่า เกณฑ์ มาตรฐาน	<i>Salmonel</i> <i>la</i> spp.	<i>E. Coli</i> มากกว่า เกณฑ์ มาตรฐาน + <i>Salmonel</i> <i>la</i> spp.
1	ตรัง	ตะไคร้	4	4	3	1	0	0	0
		ผักเหลียง	1	1	1	0	0	0	0
2	สงขลา	ผักไถ้เหมียว	2	2	2	0	0	0	0
		ผักบุ้ง	6	6	4	2	0	0	0
		ผักวอเตอร์							
		เกรซ	2	2	2	0	0	0	0
		พริก	20	20	20	0	0	0	0
3	พัทลุง	กระเจี๊ยบ							
		เขี้ยว	2	2	2	0	0	0	0
		ต้นหอม	3	3	3	0	0	0	0
		แตงกวา	4	4	4	0	0	0	0
		บวบ	2	2	2	0	0	0	0
		ใบชะมวง	1	1	1	0	0	0	0
		ผักกูด	8	6	4	2	2	0	0
		ผักเหลียง	6	6	0	6	0	0	0
		ไผ่ตง	1	1	1	0	0	0	0
		พริก	3	3	3	0	0	0	0
		ฟักเขียว	1	1	1	0	0	0	0
		มะกอก	2	2	1	1	0	0	0
		มะเขือเปราะ	1	1	1	0	0	0	0
		มะเขือยาว	1	1	1	0	0	0	0
		ยอดมะรุ้ม	1	1	0	1	0	0	0

โหระพา	1	1	1	0	0	0	0
(ตัวอย่าง)	72	70	57	13	2	0	0
(เปอร์เซ็นต์)	100.00	97.22	79.17	18.06	2.78	0.00	0.00

10.3 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการผลิตพืช GAP ในระบบไฮโดรโปนิกส์

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตพืช น้ำใช้แปลงปลูก สารละลายธาตุอาหาร แผ่นโฟมรองปลูก สุขอนามัยผู้ปฏิบัติงาน และแผ่นฟองน้ำเพาะเมล็ด เพื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli*, *salmonella* spp. และ total coliform พบว่าพืชไฮโดรโปนิกส์จำนวน 63 ตัวอย่าง ผ่านมาตรฐาน 85.71 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผ่าน 14.29 เปอร์เซ็นต์ จึงจำแนกข้อมูลออกเป็นสองกลุ่มตามคุณภาพผลผลิต ดังตารางที่ 3 ซึ่งเมื่อพิจารณากลุ่มตัวอย่างที่ผลผลิตพืชผ่านมาตรฐานจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตที่ตรวจพบเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* spp. ได้แก่ สารละลายธาตุอาหาร น้ำใช้ในแปลง และฝ่ามือผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ผลผลิตพืชไม่ผ่านมาตรฐาน แต่มีความแตกต่างในส่วนของการระดับปริมาณเชื้อที่ตรวจ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานจะมีระดับปริมาณเชื้อ *E. coli* ในปัจจัยทั้ง 3 สูงกว่าในกลุ่มที่ผ่านมาตรฐาน เช่นเดียวกับความถี่ในการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. มีสูงกว่ากลุ่มที่ผ่านมาตรฐานเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามผลการตรวจปริมาณ total coliform ของทั้งสองกลุ่มผลผลิตสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของของโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ในทุกๆปัจจัยของการผลิต ได้แก่ แผ่นฟองน้ำเพาะเมล็ด ฝ่ามือผู้ปฏิบัติงาน แผ่นโฟมรองปลูก สารละลายธาตุอาหาร น้ำใช้ในแปลง และผลผลิต ในอัตราความถี่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์แม้ผลผลิตส่วนใหญ่จะผ่านมาตรฐานความปลอดภัยซึ่งถูกควบคุมโดยการบ่งชี้ด้วยเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* โดยมีความเสี่ยงการปนเปื้อนอยู่ที่สารละลายธาตุอาหาร น้ำใช้ในแปลง และฝ่ามือผู้ปฏิบัติงาน แต่ยังคงมีความเสี่ยงต่อสุขลักษณะที่ไม่เพียงพอและเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของการผลิต

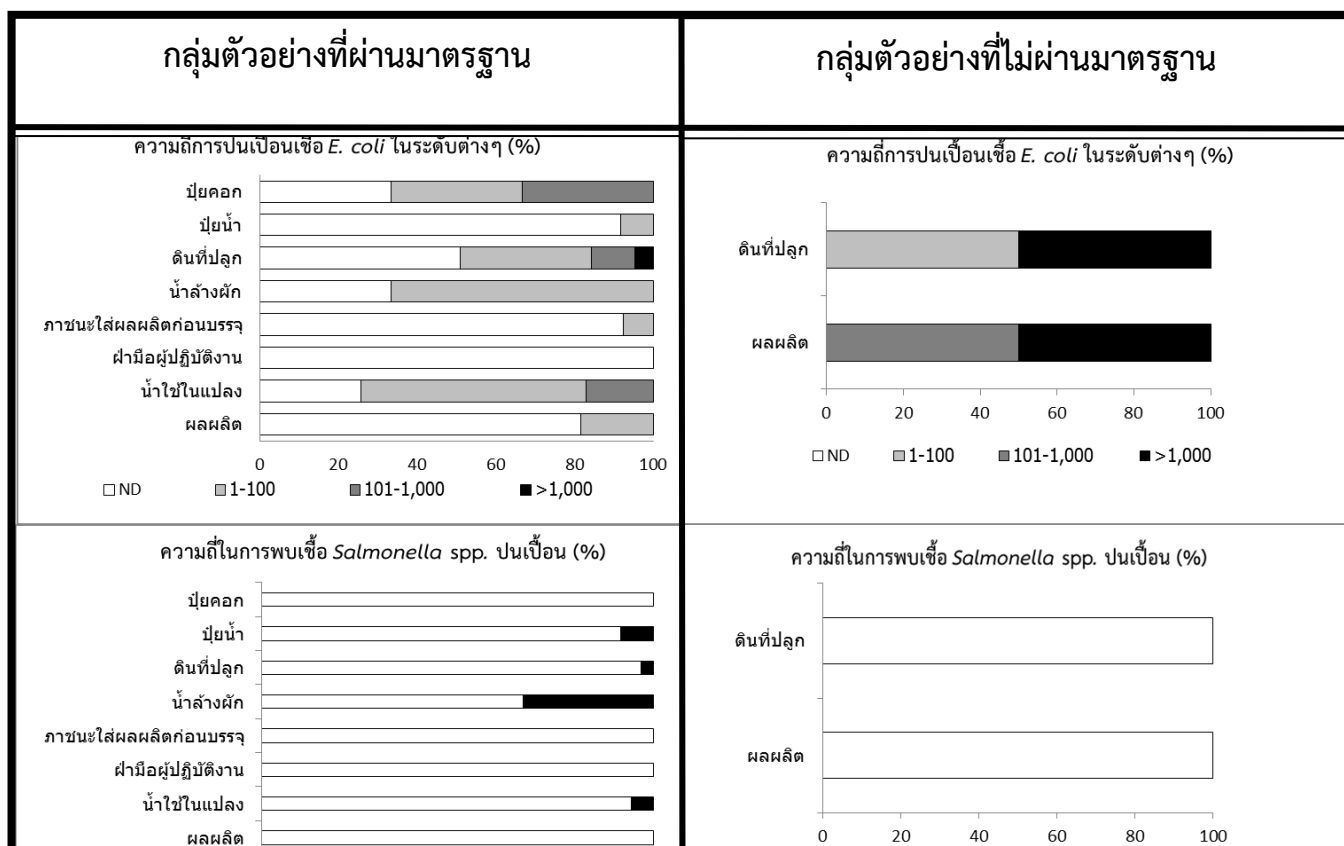
ตารางที่ 3 ระดับและความถี่การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* *Salmonella* spp. และ total coliform ในปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพืชไฮโดรโปนิกส์



10.4 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการผลิตพืช GAP ในระบบปกติ

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตพืช น้ำใช้ในแปลง สุขอนามัยผู้ปฏิบัติงาน ภาชนะใส่ผลผลิต น้ำล้างผัก ดินที่ปลูก ปุ๋ยน้ำ และปุ๋ยคอก เพื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli*, *salmonella* spp. และ total coliform พบว่าพืชที่สุ่มเก็บ จำนวน 72 ตัวอย่าง ผ่านมาตรฐาน 97.22 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผ่าน 2.78 เปอร์เซ็นต์ จึงจำแนกข้อมูลออกเป็นสองกลุ่มตามคุณภาพผลผลิต ดังตารางที่ 4 ซึ่งจากตารางจะเห็นได้ว่าการตรวจพบเชื้อ *E. coli* ได้ในทุกๆ ปัจจัย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำ ดินที่ปลูก น้ำล้างผัก ภาชนะใส่ผลผลิตก่อนบรรจุ ฝ่ามือผู้ปฏิบัติงาน และน้ำใช้ในแปลง โดยดินที่ใช้ในการปลูกพืชจะมีความเสี่ยงต่อการตรวจพบปริมาณเชือดังกล่าวสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ และสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานจะเห็นได้ว่าระดับปริมาณเชื้อ *E. coli* ที่ตรวจพบในดินมีปริมาณสูงและความถี่สูงกว่าดินในกลุ่มพืชที่ผ่านมาตรฐาน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วนเชื้อ *Salmonella* spp. พบว่าสามารถพบการปนเปื้อนได้ในหลายปัจจัย ได้แก่ ปุ๋ยน้ำ น้ำล้างผัก ดินที่ปลูก และน้ำใช้ในแปลง โดยมีความถี่การตรวจพบไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ อย่างไรก็ตามในกลุ่มผลผลิตที่ไม่ผ่านมาตรฐานไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างดินที่ปลูก ซึ่งผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการปลูกพืชระบบปกติ จะมีการการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* เกิดได้ในทุกๆ ปัจจัย และแม้จะตรวจพบการปนเปื้อนก็ได้บ่งชี้ถึงคุณภาพผลผลิต อย่างไรก็ตามผลผลิตที่ไม่ผ่านมาตรฐานสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อปลูกในดินที่มีปริมาณเชื้อ *E. coli* สูง สำหรับการวิเคราะห์ total coliform ในทั้งสองกลุ่มตัวอย่างพบว่าดินและปุ๋ยที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในปริมาณสูง และมีความถี่ในการตรวจพบสูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของระบบข้ามไปยังกลุ่มพืชที่ผลิตในระบบไฮโดรโพนิกส์จะเห็นได้ว่าการปลูกแบบระบบปกติจะมีความถี่ของการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงกว่าระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 4 ระดับและความถี่การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* *Salmonella* spp. และ total coiform ในปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพืชที่ปลูกโดยใช้ดิน



11. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการตรวจสอบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพืชผักภายใต้ระบบ GAP ในพื้นที่จังหวัด ตรัง สงขลา และ พัทลุง จำแนกได้เป็นการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ และระบบปกติ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานพืชผักที่ส่งออกยังประเทศยุโรปโดยพิจารณาจากเชื้อบ่งชี้คือ *E. coli* และ *Salmonella* spp. ผลผลิตที่ได้โดยรวมมีความปลอดภัยอยู่ในระดับสูง คือ ผ่านมาตรฐาน 85.71 เปอร์เซ็นต์สำหรับพืชไฮโดรโปนิกส์ และ 97.22 เปอร์เซ็นต์สำหรับพืชที่ปลูกปกติโดยใช้ดิน และสำหรับการติดตามปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* *Salmonella* spp. และ total coliform พบว่าการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์สามารถเกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนได้ในส่วนของสารละลายธาตุอาหาร น้ำใช้ในแปลง ตลอดจนสุขอนามัยของผู้ผลิต ในขณะที่การปลูกในระบบปกติสามารถเกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนได้ในทุกๆปัจจัยของการผลิต แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ส่วน

ใหญ่ผ่านมาตรฐาน เป็นการบ่งชี้ให้เห็นว่าความเสี่ยงหรือความถี่ของความรุนแรงในการปนเปื้อนในแต่ละปัจจัยการผลิต ยังไม่อยู่ในจุดที่วิกฤติต่อการส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิต และสิ่งที่ควรดำเนินการในขั้นตอนต่อไปคือการแนะนำให้ ความรู้แก่เกษตรกรถึงความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับอันตรายและการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค จุดเสี่ยงต่างๆ และ แนวทางในการควบคุมจุดเสี่ยงนั้นๆ รวมไปถึงการจัดการผลผลิตจากแปลง เช่น การตัดแต่ง ทำความสะอาด เก็บรักษา และขนส่งผลผลิต ซึ่งเมื่อเกษตรกรมีความรู้ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมการทำงานของตนได้อย่างเหมาะสม ตามแต่ละกรณีต่อไป

12. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำข้อมูลปัจจัยเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* และ *Salmonella spp.* ใน กระบวนการผลิตพืชผักตามระบบการจัดการแปลงเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) ไปเผยแพร่ผ่านสื่อหรือสิ่งพิมพ์ทั่วไป โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้บริโภค เกษตรกร นักวิจัยทั้งจากหน่วยงานของรัฐหรือเอกชน ที่ปฏิบัติงานด้านการผลิตพืชผัก GAP หรือผลิตเพื่อการบริโภคโดยทั่วไป โดยผู้ที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้แก่

1. - นักวิชาการและหน่วยงานที่ปฏิบัติงานด้านการส่งเสริมให้คำแนะนำแก่เกษตรกรในการผลิตพืชผัก GAP จะสามารถทราบจุดเสี่ยงและนำไปปรับใช้เพื่อการป้องกันหรือลดความเสี่ยงนั้นได้ต่อไป
2. - เกษตรกรหรือผู้นำกลุ่มเกษตรกรที่มีความสนใจและต้องการปรับระบบการจัดการเพื่อยกระดับความปลอดภัยของผลิตผลจากแปลงของตน
3. - โรงงานหรือผู้ประกอบการด้านการค้าขายพืชได้มีโอกาสในการเลือกแหล่งวัตถุดิบ ซึ่งมีความปลอดภัยครอบคลุมมากขึ้น อันเป็นการลดความเสี่ยงต่อการถูกระงับการส่งสินค้าไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

13. เอกสารอ้างอิง

1. AOAC 2000, 991.14 Coliform and *Escherichia coli* Counts in Foods. Dry Rehydratable Film (Petrifilm *E. coli* Count Plate and Petrifilm Coliform Count Plate) Method. 17th edition. Gaithersburg, MD. P.22.

2. AOAC Official Method 998.09 -Tecra Ultima and TECRA VIA the Following Modification : Pre-enrichment in BPW.
3. Brackett, R.E. 1999. Incidence, contributing factors and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biological and Technology* 15, 305-311.
4. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF). 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. *Food Control* 10, 117-143.
5. Natvig, E.E., Ingham, S.C., Ingham, B.H., Cooperband, L.R. and Roper, T.R. 2002. *Salmonella enterica* serovars typhimurim and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure. *Applied and Environmental Microbiology* 68, 2737-2744.
6. Schraft, H. and Watterworth, L.A., 2005. Enumeration of heterotrophs, fecal coliforms and *Escherichia coli* in water: comparison of 3 M™ Petrifilm™ plates with standard plating procedures. *Journal of Microbiological Methods*. 60 : 335-342.
7. Tauxe, R.V. 1997. Emerging foodborne diseases:an evolving public health challenge. Special issue : *Emerging Infectious Diseases* 3, 425-434
8. Vail, J. H., Morgan, R., Merino, C. R. , Gonzales, F., Miller, R. and Ram, J. L., 2003. Enumeration of Waterborne *Escherichia coli* with Petrifilm Plates. *Journal of Environmental Quality* 32:368-373.
9. Zagory, D. 1999. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology* 15, 313-321.
10. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3655/> Swab-test เรียบเรียงโดย ผศ. ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ศ.ดร.นิธิยา รัตนานนท์:
11. www.doa.go.th/Portals/0/ปชภายนอก/ปัญหาการนำเข้าส่งออก%20EU.pdf