บทที่ 2 สำรวจเอกสาร

2.1 การทบทวนวรรณกรรม / สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

พริกเป็นพืชผักในกลุ่ม Solanaceous จีนัส Capsicum (Worayos, 986) พริกสามารถปลูกได้ตลอดปีและปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย (ศักดิ์, 2537) พริกเป็นพืชมีคุณค่าทางอาหารสูง พบว่าพริกขี้หนูสดและพริกชี้ฟ้าของไทยมีปริมาณวิตามินซีถึง 87.0 - 90 มิลลิกรัม/100 กรัม และมีมีสารเบต้าแคโรทีนหรือวิตามิน A สูง (พริกขี้หนูสด 140 .77 RE) พริกยังมีสารสำคัญอีก 2 ชนิด ได้แก่ Capsaicin และ Oleoresin โดยเฉพาะสาร Capsaicin ที่ นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และผลิตภัณฑ์รักษาโรค ในอเมริกามีผลิตภัณฑ์จำหน่ายในชื่อ Cayenne สำหรับฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะ โดย USFDA ได้กำหนดการใช้สาร capsaicin ที่ความเข้มข้น 0.75 % สำหรับเป็นยารักษาโรค (กรมวิชาการเกษตร, 2550) แหล่งผลิตพริกที่สำคัญของไทยคือ นครราชสีมา อุบลราชธานี ชัยภูมิ และกาญจนบุรี ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ส่วนที่เหลือมีการส่งออกทั้งในรูปพริกสด พริกแห้ง พริกป่น/บด และซอสพริก ในปี 2546 ไทยสามารถส่งออกพริกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ถึง 34,691.293 ตัน มูลค่ากว่า 886.91 ล้านบาท โดยเฉพาะซอสพริกมีปริมาณการส่งออกสูงถึง 81.11% ของการส่งออกทั้งหมด ซึ่งมีตลาดหลัก คือ เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา จีน สเปน นอร์เวย์ ออสเตรเลีย เยอรมนี ญี่ปุ่น สวีเดน สิงคโปร์ แคนาดา ฮ่องกง ไต้หวัน และ มาเลเซีย สำหรับแหล่งผลิตพริกที่สำคัญในต่างประเทศและเป็นคู่แข่งของไทย ได้แก่ จีน อินโดนีเซีย เกาหลี และปากีสถาน (ชวนพิศ, 2548) ในการผลิตพริกมักประสบปัญหาด้านโรคและศัตรูพืชที่เข้าทำลายและสร้างความเสียหายให้กับพริกเช่น โรคแอนแทรกโนส โรคใบไหม้แห้ง โรคราน้ำค้าง โรคใบจุด *Cercospora* โรคเหี่ยวจาก *Fusarium* และโรคใบหงิกจากไวรัส เป็นต้น (ศักดิ์, 2537) ส่วนแมลงศัตรูพืช เช่น เพลี้ยไฟ ไรขาว และแมลงปากดูด เป็นต้น สำหรับปัญหาของพริกภายหลังการเก็บเกี่ยวและการส่งออกคือ การเน่าเสียและสารเคมีที่ตกค้างอยู่บนผลพริก ในการควบคุมโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การควบคุมทางกายภาพ การใช้สารเคมี และการควบคุมโรคด้วยชีววิธี (Barkai-Golan, 2001)

โอโซน (O_3) เป็นแก๊สธรรมชาติที่ไม่มีสี มีพลังงานในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูงโดยไม่เหลือสารตกค้างนอกจากออกซิเจน (Graham, 1997) และโอโซนได้รับการยอมรับว่าเป็นสารทำความสะอาดและฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง โดยพบว่าโอโซนที่ความเข้มข้น 0.01-0.04 ppm มีฤทธิ์ทำลายเชื้อรา แบคทีเรียและไวรัสได้ดีและเร็วกว่าคลอรีนสูงถึง 5,000 เท่า นอกจากนี้โอโซนได้ถูกนำมาใช้ทดแทนคลอรีนเพื่อการทำล้างความสะอาดผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากผู้บริโภคได้หันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับสารที่เป็น by-products ที่เกิดขึ้นจากการใช้คลอรีนในการทำความสะอาดอาหาร

(Beuchat, 1998; Xu, 1999; Kim et al., 1999) บทบาทของโอโซนในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์คือ การเป็น strong oxidizing agent และความสามารถในการเอ็นไซม์ กรดนิวคลีอิค องค์ประกอบของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย เยื่อหุ้มของสปอร์เชื้อราและ capsids ของเชื้อไวรัส (Khadre et al., 2001) โอโซนยังมีข้อดีด้านอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น กำจัดกลิ่น ยับยั้งสาหร่ายและตะไคร่น้ำในท่อน้ำได้ดี ตลอดจนมีประสิทธิภาพในการสลายความเป็นพิษของสารเคมีด้วยการทำปฏิกิริยาทางเคมีและเปลี่ยนโครงสร้างของสาร เช่น โอโซนทำปฏิกิริยากับไซยาไนด์เป็นไซยาเนท Barth et al. (1995) ได้ใช้โอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm กับ blackberries ตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยวถึงหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ Baranovskaya et al. (1979) พบว่าการเก็บรักษามันฝรั่งในสภาพที่มีโอโซน 3 ppm อุณหภูมิ 6-14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 93-97 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน กานดา หวังชัยและคณะ (2549) พบว่าการล้างผลส้มด้วยน้ำโอโซนนาน 2 ชั่วโมง สามารถชะลออการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *Penicillium digitatum* และการเกิดโรคราสีเขียวบนผลส้มได้โดยไม่มีกระทบต่อคุณภาพของส้ม เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไดเดรดได้ สีเปลือก และการสูญเสียน้ำหนัก เพ็ญแข จิรอัสดร และคณะ (2550) พบว่าการล้างผลพริกด้วยน้ำโอโซนความเข้มข้น 5 ppm นาน 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา และโคลิฟอร์มบนผิวพริกได้ดีที่สุด คือ 2.14 1.98 และ 2.22 logCFU/g และพบว่าน้ำโอโซนมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และจากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศอิเล็ตตรอนแบบส่องกราดพบว่าโอโซนทำลายเมมเบรนและผนังเซลล์ของเชื้อ ซึ่งทำให้เชื้อตายได้ ดวงธิดา ขุมทอง และคณะ (2550) ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้โอโซนเพื่อการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะ พบว่าผลเงาะที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนความเข้มข้น 1 ppm นาน 30 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อที่ผิวลงได้ 93.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การจุ่มผลเงาะในน้ำโอโซนที่ 0.3 ppm นาน 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อที่ผิวลงได้ 79.2เปอร์เซ็นต์ แต่การรมเงาะและมะม่วงด้วยก๊าซโอโซน 0.5 ppm นาน 6 วัน มีผลทำให้สีและเปลือกของผลเกิดอาการผิดปกติ ธนะชัย และคณะ (2545) พบว่าการให้โอโซนกับลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิในอัตรา 100 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง นาน 30 40 และ 60 นาที ก่อนนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส พบว่าโอโซนสามารถลดอัตราการเน่าเสียได้นาน 24 วัน โดยโอโซนไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณแอนโทไซยานิน และการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล และการใช้โอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำให้การควบคุมโรคได้ดีขึ้น แต่จะมีผลเสียคือทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงและเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเร็วขึ้น Ketteringham et. al. (2006) พบว่าการล้างพริกหวานด้วยโอโซนที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.3-3.95 mg ozone/น้ำ 1 ลิตร นาน 20-30 วินาที สามารถลดปริมาณเชื้อจินทรีย์ทั้งหมดลงได้ถึง 0.72 log10cfu/g นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยการใช้โอโซนในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น สตรอ

เบอร์รี่ (Keutgen และ Pawezik, 2007) แคนตาลูป (Selma et al., 2007) และขึ้นฉ่าย (Likui et al., 2003) เป็นต้น

การใช้ความร้อนในการควบคุมโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวมีมานานแล้ว โดยเฉพาะการจุ่มน้ำร้อนซึ่งมีเป้าหมายเพื่อการทำลายสปอร์ของเชื้อราและทำลายเชื้อที่แฝงตัวอยู่ที่เซลชั้นนอกของผลผลิตหรือที่เปลือก และต่อมาก็นำไปใช้ในการฆ่าแมลงด้วย ผักและผลไม้ส่วนใหญ่สามารถทนต่อน้ำร้อนได้ระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส นานถึง 10 นาที (Lurie, 1998) พบว่าการจุ่มน้ำร้อนสามารถกระตุ้นหรือชักนำให้พืชต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ (Pavoncello et al., 2001) เช่น ส้ม (Rodov et al., 1995, Schirra และ D' hallewin, 1997) หรือการใช้อากาศร้อน (hot air) ก็มีรายงานว่าสามารถกระตุ้นความต้านทานโรคในมะเขือเทศต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา *Botrytis cinerea* (Lurie et al., 1997) และลดการเน่าเสียของแอปเปิลจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *P. expansum* (Fallik et al., 1995) การที่พืชต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคได้หลังการจุ่มน้ำร้อนนั้น เป็นเพราะพืชมีการผลิตโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานโรคขึ้น โดยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ Heat shock proteins (HSPs) และ pathogenesis-related (PR) proteins (Pavoncello et al., 2001) HSPs เป็นกลุ่มของโปรตีนที่มีความหลากหลาย มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 15 ถึง 115 KDa พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดเมื่อได้รับความร้อน และเชื่อว่ามีบทบาทสำคัญต่อการทนต่อความร้อน (thermotolerance) (Sabehat et al., 1998) PR proteins พบได้ในพืชและมีบทบาทต่อต้านเชื้อสาเหตุโรคได้อย่างไม่จำเพาะเจาะจง เช่น chitinase และ beta-1,3-glucanase ซึ่งมีคุณสมบัติย่อยผนังเซลของเชื้อราได้ พืชจะสร้างโปรตีนชนิดนี้เมื่อได้รับเชื้อโรคหรืออยู่ในสภาพที่ถูกกระตุ้น (Bol et al., 1990, Van Loon และ Van Strien, 1999) ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคด้วยน้ำร้อนมีมากขึ้นเมื่อมีการเติมสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ลงในน้ำ โดยเฉพาะการใช้สารที่มีความปลอดภัย เช่น สารในกลุ่ม GRAS (generally recognized as safe) หรือ food additives ได้แก่ ethanol, sodium carbonate, sodium bicarbonate, potassium carbonate เป็นต้น (Lurie, 1998) นอกจากนี้การจุ่มน้ำร้อนในอุณหภูมิที่เหมาะสมมีผลช่วยชะลอการสุกของผลผลิตได้ โดยมีผลยับยั้งการสังเคราะห์เอทธิลีน (Seymour et al., 1987, Yang et al., 1990) ทั้งนี้เนื่องจากพืชสูญเสีย ethylene receptors หรือความสามารถในการส่งสัญญาณ (signal) ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการสุก ความร้อนยังมีผลชะลอการอ่อนนิ่มของผลไม้ Shalom et al. (1996) รายงานว่าผนังเซลของแอปเปิลที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน จะมีปริมาณ insoluble pectin มากกว่า soluble pectin และมีปริมาณแคลเซียมที่ผนังเซลมากกว่าแอปเปิลที่ไม่ได้รับความร้อน (Lurie และ Klein, 1992) การอ่อนนิ่มของผลไม้ที่เกิดช้าลงนั้นอาจเป็นเพราะว่า เอนไซม์ polygalacturonase และ galactosidase ซึ่งที่หน้าที่ย่อยผนังเซลถูกยับยั้ง (Lazan et al., 1989, Sozzi et al., 1996)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งในการควบคุมโรคมักได้ไม่ดีเท่ากับการผสมผสานวิธีการควบคุมโรคหลายๆ วิธีเข้าด้วยกัน ดังนั้นงานวิจัยในระยะหลังๆ จึงเน้นการควบคุมโรคแบบผสมผสาน เช่น Palou et al. (2002) พบว่าผลส้มพันธุ์ Clementine mandarins (ที่ปลูก

เชื้อรา *Penicillium digitatum* และ *P. italicum*) ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 หรือ 50 องศาเซลเซียส เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถควบคุมการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อราสีเขียวและราสีน้ำเงินได้ ส่วนการใช้ Sodium carbonate ที่ความเข้มข้น 2-3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเน่าเสียได้เมื่อเปรียบเทียบกับการจุ่มในน้ำ (ทรีตเมนท์ควบคุม) และพบว่าประสิทธิภาพของ Sodium carbonate ในการควบคุมโรคจะเพิ่มขึ้นเมื่อนำมาทำให้ร้อน โดยเฉพาะการจุ่ม Sodium carbonate ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 150 วินาที สามารถลดการเน่าเสียของผลส้มได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลส้ม Karabulut et al. (2004a) ได้ทำการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของสตรอเบอรี่ที่เกิดจากการเชื้อรา *Botrytis cinerea* สาเหตุโรคราสีเทาแบบผสมผสาน โดยการฉีดพ่น Ethanol ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ให้กับต้นสตรอเบอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 ชั่วโมง และหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วจึงนำผลสตรอเบอรี่มาจุ่มในน้ำร้อนที่ 55 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที พบว่าทำให้การเน่าเสียลดลงเหลือเพียง 3.4 และ 2.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ทรีตเมนท์ควบคุมมีการเน่าเสีย 28.5 เปอร์เซ็นต์

การส่งออกพืชผักของไทยในระยะที่ผ่านมามีปัญหากับประเทศคู่ค้าด้านสารพิษตกค้างในกลุ่มพืชผักทุกปี ปีละมากครั้ง เช่น ในปี พ.ศ. 2543 กับประเทศญี่ปุ่น รวมจำนวน 49 ครั้ง ที่มีปัญหาสาร fenvalerate, cypemethrin, cholorpyrifos และ parathion methyl ตกค้างกับพืชผักต่าง ๆ สำหรับประเทศนำเข้าพริกสด พริกแห้ง พริกซอส พริก (ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร, 2550) การลดสารเคมีที่ตกค้างบนผลผลิตสดสามารถทำได้หลายวิธี เช่น น้ำคลอรีน น้ำเกลือ โซเดียมไบคาร์บอเนต น้ำส้มสายชู ด่างทับทิม น้ำซาวข้าว และ ความร้อน เป็นต้น (เอกสารเผยแพร่ กลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่, 2549) นอกจากนี้ยังมีรายงานการลดปริมาณสารเคมีตกค้างด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น พวงแก้ว เตชะภัทร และ คุณธัศวินทร์ ยิ้มละมัย (2549) ศึกษาวิธีการล้างผักและผลไม้เพื่อลดปริมาณสารเคมีตกค้างในผักและผลไม้รวม 4 ชนิด คือ ผักชีไทย ผักคะน้า พริกชี้ฟ้าและองุ่นเขียว ด้วยเครื่องอัลตราโซนิคร่วมกับสารทำความสะอาด 3 ชนิด คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต น้ำส้มสายชูและน้ำยาล้างผักและผลไม้ พบว่าความถี่ที่เหมาะสมที่สุดในการล้างผักและผลไม้คือ 60 kHz และพบว่าการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตมีสารเคมีตกค้างน้อยที่สุด