สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง

การสูญเสียคุณภาพของผลพริกภายหลังการเก็บเกี่ยวมีสาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา อันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำออกจากผล ส่งผลถึงคุณภาพของผลิตผล ทั้งคุณภาพในส่วนที่มองเห็น (visual appearance) เช่น สี รูปร่าง รอยช้ำ ตำหนิ ความเต่งตึง ซึ่งมีผลมากต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคเพราะเป็นสิ่งที่เห็นเป็นอันดับแรก และคุณภาพในการบริโภค เช่น ผิวสัมผัส ความแน่นเนื้อ วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ (Piagentini, Guemes and Pirovani, 2002; Will *et al.*, 1998) ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก ผลเหี่ยว สีผิวไม่สวย คุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะวิตามินซีลดต่ำลง และอาจทำให้การสุกของผลไม่เป็นปกติ นอกจากนี้การเกิดโรคแอนแทรคโนส จากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ยังเป็นสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ผลพริกเน่าเสียทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลพริกเสื่อมคุณภาพเร็ว และเก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน แต่หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ และได้รับการบรรจุที่ดีก็จะสามารถลดการสูญเสียดังกล่าวได้ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ของพริกด้วย (Lownds, Banaras and Bosland, 1994)

การทดสอบผลของน้ำมันกานพลูต่อการเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* แสดงให้เห็นว่า น้ำมันกานพลูมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา C. *gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าได้ โดยเฉพาะเมื่อทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใย และการยับยั้งการงอกของสปอร์ พบว่าน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 800 ppm ขึ้นไป สามารถยับยั้งทั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของเกษม สร้อยทอง และวิจัย รักวิทยาศาสตร์ (2528) ที่การผสมผงกานพลูในอาหาร PDA มีผลยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *C. dematium* ซึ่งเป็นเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนสกับพริกได้เช่นเดียวกับ *Colletotrichum* spp. อื่นๆ น้ำมันกานพลูยังมีผลยับยั้งการเติบโต และการงอกของสปอร์เชื้อราหลายชนิดได้ เช่น *Alternaria alternata*, *Fusarium chlamydosporium*, *Helminthosporium oryzae* และ *Rhizoctonia bataticola* (Beg and Ahmad, 2002) โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเติบโตของเชื้อรานั้น ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู พบว่า ถ้าใช้น้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้นสูง จะทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Morris (1978) ที่ว่า การที่พืชสมุนไพรมีผลต่อการยับยั้งการเติบโตของ

เชื้อรานั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช พืชสมุนไพรต่างชนิดกันจะยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ความสามารถในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรายังขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้และชนิดของเชื้อราที่ใช้ในการทดลอง สารสกัดที่มีระดับความเข้มข้นสูง จะสามารถยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าสารที่ระดับความเข้มข้นต่ำ

การที่น้ำมันกานพลูมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย และการงอกของสปอร์เชื้อรานั้น อาจเนื่องมาจากน้ำมันกานพลูมีน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) เป็นส่วนประกอบ มีรายงานว่า น้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในพืชบางชนิดนั้น เป็นส่วนสำคัญในการยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์ (Morris, 1978) ซึ่งโดยปกติน้ำมันหอมระเหยมักจะมีฤทธิ์ต้านราได้อยู่แล้ว การนำมาใช้นอกจากจะควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชต่างๆ ได้นั้น ยังช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ชนิดต่างๆ ได้อีกด้วย (Tripathi and Dubey, 2004) โดยคุณสมบัติในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา C. *gloeosporioides* นั้น อาจจะขึ้นกับสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของน้ำมันกานพลู ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา ได้แก่สาร eugenol (Deyama and Horigushi, 1974; Kim, Marshall and Wei, 1995; Mansour, Yousef and Kim, 1996) สารนี้เป็นสารที่มีคุณสมบัติขัดขวางขบวนการละลายของชั้นไขมันใน cytoplasmic membrane เป็นผลให้บทบาททางด้าน osmotic barrier ของเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ลดลง (Rose, 1968) และยังขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ โดยทำให้เอนไซม์และโปรตีนอื่นๆ เสียสภาพไป เซลล์จึงถูกทำลาย (Frazier, 1967) eugenol ถูกจำแนกไว้ว่าเป็นอนุพันธ์ของ phenol ซึ่งจะแสดงผลในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราเหมือนกันกับอนุพันธ์ของ phenol ตัวอื่นๆ ในแบคทีเรีย phenol มีผลต่อ cell wall cytoplasmic membrane และ cytoplasm โดยจะขึ้นกับความเข้มข้นของ eugenol ที่ใช้ด้วย (Boonchird and Flegel, 1982) นอกจากนี้ หมู่ OH ของ eugenol สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับบริเวณ active site ของเอนไซม์ได้มากกว่าหมู่ functional อื่นๆ (Farag *et al.*, 1989; Velluti *et al.*, 2003) และหากน้ำมันหอมระเหยชนิดใดก็ตาม มีโครงสร้างแบบ aromatic ring ที่มีหมู่ phenolic หรือ hydroxylic ซึ่งสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ จะมีฤทธิ์ในการเป็นสารยับยั้งการเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยชนิดที่มีโครงสร้างแตกต่างออกไป หรือ มีโครงสร้างดังกล่าวในอัตราส่วนที่น้อยลงไป (Daferera, Ziogos and Polissiou, 2000) ซึ่งมีรายงานว่า eugenol มีโครงสร้างแบบ aromatic ring เช่นกัน ทำให้สามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อราได้ดี (Boonchird and Flegel, 1982) โดยพบว่า สามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อราได้ 8 สายพันธุ์ ในเชื้อ *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. อีกทั้งยังพบว่า eugenol แสดงการยับยั้งการเติบโตของ

เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคในอาหาร และ *E.coli* 0157:H7 ได้ และเมื่อใช้ความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ก็สามารถยับยั้งการเติบโตได้มากขึ้นเช่นกัน (Kim, Marshall and Wei, 1995)

การทดสอบผลของน้ำมันกานพลูในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลพริกชี้ฟ้า พบว่าผลพริกชี้ฟ้าที่แช่น้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm เป็นเวลา 5 นาที หลังการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีการเกิดโรคแอนแทรคโนสบริเวณที่ปลูกเชื้อน้อยที่สุด เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ การป้องกันการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง โดยหลังการปลูกเชื้อราในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่แก่เต็มที่ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจุ่มมะม่วงลงในสารละลายของสารสกัดจากทองพันชั่ง พบว่าสามารถป้องกันการเกิดโรคได้ดีที่สุด (วิชัย ก่อประดิษฐ์สกุล, ชัย ณรงค์ รัตนกรีฑากุล และรุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล, 2534) ส่วนในชุดที่แช่น้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm เป็นเวลา 5 นาที ก่อนการปลูกเชื้อรา มีการเกิดโรคแอนแทรคโนสบริเวณที่ปลูกเชื้อมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ซึ่งผลการทดลองนี้แตกต่างจากรายงานของ ธารทิพย์ ภาสบุตร (2540) ที่ว่าการป้องกันการเกิดโรคบนผลมะม่วง เมื่อใช้สารออกฤทธิ์จากว่านน้ำที่แยกได้ ก่อนการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* สามารถป้องกันการเกิดโรคได้ดีกว่า การใช้สารหลังการปลูกเชื้อราแล้ว 12 ชั่วโมง อาจเนื่องมาจากพืชแต่ละชนิดจะมีสารประกอบที่เป็นสารสำคัญในพืชแตกต่างกัน การซึมผ่านผนังเซลล์ของสปอร์ หรือผนังเซลล์ของเส้นใย ก็อาจเกิดขึ้นแตกต่างกัน ทำให้การยับยั้งการเกิดโรคแตกต่างกันออกไปด้วย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำมันกานพลูสามารถใช้เป็นสารยับยั้ง (fungistatic)หรือฆ่าเชื้อรา (fungicide) แต่ไม่สามารถใช้เป็นสารป้องกันเชื้อรา (preventional agent) บนผลพริกชี้ฟ้าได้ ดังนั้นน้ำมันกานพลูที่ใช้อาจจะช่วยในการยับยั้งเชื้อราที่แอบแฝงมากับผลพริกตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูกได้ เนื่องจากเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกเกิดการเข้าทำลายแบบแฝง (latent infection) ในผลพริกเขียวที่ยังไม่สุก (immature fruit) โดยสปอร์ของเชื้อราหลังจากงอกบนผลพริก สร้าง appressorium แล้วเชื้อจะหยุดการเจริญ จนกระทั่งผลพริกเริ่มสุก เชื้อราก็เจริญต่อไปได้ (Adikaram, Brown and Swinburne, 1982) ซึ่งในการใช้สารยับยั้งเชื้อรานั้น จะใช้ได้ผลหรือไม่ หรือมีประสิทธิภาพขึ้น ก็ต่อเมื่อผลิตผลถูกเก็บรักษาในสภาพที่ปัจจัยต่างๆ เหมาะสม โดยการใช้สารยับยั้งเชื้อราอาจจะไม่ได้ผลเมื่อผลิตผลถูกเก็บรักษาไว้ในสภาพที่ไม่เหมาะสม (Fernandéz-Trujillo, Cano and Artés, 1999)

การแช่ผลพริกชี้ฟ้าในสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ กัน พบว่า ทุกชุดการทดลองผลพริกชี้ฟ้ามีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอัตราการสูญเสียน้ำแปรผันตามระยะเวลาการเก็บรักษาในลักษณะเส้นตรง ดังรายงานของ Lownds, Banaras and Bosland (1993) ที่พบว่า ในพริกอัตราการสูญเสียน้ำหนักมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เก็บรักษาด้วย ในการทดลองนี้ผลพริกชี้ฟ้ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อย อาจเนื่องจากผลพริกมี wax ตามธรรมชาติเคลือบผิวอยู่ ดังนั้นจึงมีอิทธิพลต่อการสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซด้วย ซึ่งถ้ามี wax เคลือบผิวมากก็จะช่วยลดการสูญเสียน้ำได้มากเช่นกัน (Will *et al.*, 1981) โดยผลพริกชี้ฟ้าที่แช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 1 นาที สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดีที่สุด ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานบนเปลือกผลลิ้นจี่ (Zhang and Quantick, 1997; Dong *et al.*, 2003) แตงกวา พริกหยวก (El Ghaouth *et al.*, 1991) ลำไย (Jiang and Li, 2001) มะเขือเทศ (El Ghaouth *et al.*, 1992c) และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (วิษณุ นิยมเหลา, หะริน รุ่งเรืองวรวัฒน์ และศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2546) เป็นต้น ที่สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้

จากลักษณะที่ปรากฏภายนอกของผลพริกชี้ฟ้า พบว่า การแช่ผลพริกชี้ฟ้าในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 1 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผลได้ดีที่สุด โดยสามารถคงสภาพให้เหมือนก่อนการเก็บรักษาได้นานถึง 9 วัน ผิวผลเหี่ยวเพียงเล็กน้อย ไม่มีการเกิดโรคแอนแทรคโนส หรือโรคอื่นๆ ในชุดการทดลองนี้ แต่ในบางชุดการทดลองจะพบเส้นใยสีขาวของเชื้อรา ซึ่งอาจจะเป็นพวก saprophyte ต่างๆ เกิดขึ้นบริเวณก้านผล และบางชุดการทดลองจะเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ขึ้น เช่นเดียวกับอาการสะท้านหนาวในพริกหวานเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส (Wang, 1977) โดยเกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อที่ผิว (surface pitting) เนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตายไป (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544; Snowdon, 1991) ให้เห็นบ้าง และในบางชุดการทดลองเช่นกันมีการเกิดลักษณะขั้วผลดำให้เห็น อาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำเป็นหลัก โดยการเกิดขั้วผลดำนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพริก ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลโดยดูจากค่า L C และ hue angle พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกชี้ฟ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลพริกชี้ฟ้าในทุกชุดการทดลองยังคงมีสีเขียวอยู่ อาจเนื่องมาจากไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว แต่จะมีผลในทางลบหากใช้ความเข้มข้นสูงและนานขึ้น

ในส่วนของการใช้น้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 1 และ 5 นาที พบว่า ผลพริกชี้ฟ้าที่แช่ในสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 5 นาที เมื่อพิจารณาจากลักษณะภายนอกที่ปรากฏ พบว่ามีลักษณะต่าง ๆ ดีกว่าการใช้สารละลายน้ำมันกานพลูหรือสารละลายไคโตซานเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่จะพบเส้นใยสีขาวของเชื้อรา ซึ่งไม่ใช่โรคแอนแทรคโนส แต่อาจจะเป็นพวก saprophyte ต่างๆ เกิดขึ้นบริเวณก้านผล โดยในชุดการทดลองดังกล่าวเกิดน้อยที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ อาจเนื่องมาจากในการทำการทดลองไม่ได้ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของการเก็บรักษา ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป และเกิดหยดน้ำขึ้นภายในถุงพลาสติก ทำให้เชื้อบางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Maiero and Waddell (1991) เมื่อเก็บรักษาพริกเขียว (green chilli peppers) ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในถุง semipermeable polyethylene จะช่วยลดการหายใจของพริกได้ แต่กลับเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรค โดยจะปรากฏโรคภายใน 4 สัปดาห์ และยังพบการเกิด chilling injury ขึ้น โดยเกิดการยุบตัวของผิวผล (surface pitting) เช่นกันแต่น้อยกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ

นอกจากนี้ผลพริกชี้ฟ้าที่แช่ในสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 5 นาที ยังสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้มากที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้ไคโตซานร่วมกับสารละลายน้ำมันกานพลู การใช้ไคโตซานเพียงอย่างเดียวในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ อาจเนื่องมาจากผลพริกชี้ฟ้าไม่มีปากใบบริเวณผิวของผล ดังนั้นผลของไคโตซานในการปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำนั้นอาจแสดงผลให้เห็นไม่ชัดเจน เหมือนว่าไม่สามารถลดการคายน้ำได้ เช่นเดียวกับการทดลองของมนตรี กลิ่นระรวย (2543) ในการเคลือบผลฝรั่งด้วย sucrose ester มีผลในการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าสารเคลือบผิวไคโตซาน และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ อัจฉรา ทักษิณะมณี และคณะ (2548) ที่พบว่าเมื่อเคลือบผิวพริกขี้หนูแดงด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้เท่ากับการใช้สารเคลือบผิว Gustec (Sucrose fatty ester) และยังพบว่า ผลพริกชี้ฟ้าที่แช่ในสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 5 นาทีนี้ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ การใช้ไคโตซานร่วมกับสารสกัดจากเมล็ดมะละกอเคลือบผิวผลมะละกอ ซึ่งทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดเช่นกัน

(Bautista~Baños *et al.*, 2003) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี และธิติมา วงษ์ชีรี (2542) ที่ว่า ผลมะม่วงที่จุ่มด้วยสารสกัดจากพืชร่วมกับการเคลือบผิวมีปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าผลที่ไม่เคลือบผิว

ความแน่นเนื้อจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ในชั้น middle lamella ระหว่างเซลล์จากรูปที่ไม่ละลายน้ำ (protopectin) ไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ (soluble pectin) ทำให้ผนังเซลล์ยึดติดกันหลวม ๆ (Eskin, Henderson and Townsend, 1971) โดยค่าความแน่นเนื้อในทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากค่าเริ่มต้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งผลการทดลองนี้แตกต่างจากในผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล แพร์ และพีช ที่มีความแน่นเนื้อลดลงหลังการเก็บเกี่ยวหรือเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงจะชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อ (Patastico, 1975) โดยผลพริกชี้ฟ้าที่ได้รับการแช่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 1 นาที มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด อาจเนื่องมาจากไคโตซานสามารถทำให้ผักและผลไม้มีความกรอบขึ้นได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yu and Dong (1998) ในการใช้ไคโตซานเคลือบผิวแอปเปิลพันธุ์ Rall's Janet สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ดีกว่าผลแอปเปิลที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้ยังมีรายงานในผลไม้ชนิดอื่นๆ ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองในครั้งนี้ เช่น สตรอเบอรี่ มะเขือเทศ และ พีช ที่มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดเมื่อเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน (El Ghaouth *et al.*, 1991; El Ghaouth *et al.*, 1992c; Li and Yu, 2000)

ผลพริกชี้ฟ้าที่แช่ในสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากผลของไคโตซานร่วมกับน้ำมันกานพลูในการกระตุ้นให้ผลพริกมีการจำกัดการแลกเปลี่ยนของก๊าซทำให้มีออกซิเจนภายในผลพริกน้อยจึงอาจช่วยชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ นอกจากนี้ส่วนประกอบของบรรยากาศในการเก็บรักษาที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำจะลดการสูญเสียกรดแอสคอบิกได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Thompson, 1955) ซึ่งปริมาณวิตามินซีที่เพิ่มสูงขึ้น จะช่วยให้พืชนำไปสร้างสารพวก ascorbate-glutathione ในการต่อต้านอนุมูลอิสระพวก H_2O_2 และ Reactive oxygen species อื่นๆ ที่เกิดขึ้นในพืชได้ (Ma and Cheng, 2004)

การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลพบว่า ค่า L และ ค่า C ในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่า L ซึ่งแสดงถึงความสว่าง มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ส่วนค่า C ซึ่งแสดงถึงความเข้ม มีค่าเพิ่มขึ้น การแช่ผลพริกชี้ฟ้าในสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 1 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า L และ ค่า C ได้โดยมีค่าน้อยที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลพริกชี้ฟ้าในทุกชุดการทดลองยังคงมีสีเขียว ทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกชี้ฟ้าในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันมากนัก เช่นเดียวกับค่า hue angle ซึ่งเป็นค่าที่รายงานถึง การเปลี่ยนแปลงของสีเขียว โดยค่า hue angle ที่ลดลง แสดงถึงค่าสีเขียวลดลงมากขึ้น ซึ่งการแช่ผลพริกชี้ฟ้าในสารละลายน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 1 นาที อีกเช่นกันที่ทำให้มีค่า hue angle ลดลงน้อยที่สุดแตกต่างจากการใช้ไคโตซานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งต่างจากการทดลองเคลือบผิวมะนาวด้วยไคโตซาน ที่ทำให้สีผิวของมะนาวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ช้าลงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว (ไพรัตน์ โสภโณดร, สุทธวัฒน์ เบญจกุล และวิคเนตร พระพุทธ, 2536) และเนื่องจากสีผิวของผลพริกชี้ฟ้ายังไม่เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีแดง การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ได้ จึงเป็นไปในแนวเดียวกับการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลซึ่งในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการวัดอัตราการหายใจของผลพริกชี้ฟ้าในทุกชุดการทดลอง พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจไปในแนวเดียวกัน โดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่คงที่ ซึ่งจะมีค่าสูงในวันแรกของการทดลองและมีค่าลดลงสลับกันไปเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาทำให้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจที่วัดได้เป็นไปในแนวเดียวกันกับงานวิจัยของ Gross *et al.* (1986) ที่ทดลองในพริก (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Chooraehong พบว่าพริกพันธุ์นี้เป็นพืชประเภท climacteric fruit แต่มีการสร้างเอทิลีนน้อยมากระหว่างที่มีการสุกของผล เมื่อเทียบกับ พืชประเภท climacteric fruit อื่นๆ ผลพริกชี้ฟ้าที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ จัดเป็น climacteric fruit เช่นกัน โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจที่มีรูปแบบคล้ายกันกับพวกพืชประเภท climacteric fruit อื่นๆ คือ มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจเพื่อเข้าสู่การสุกหรือมี climacteric peak และเมื่อเก็บรักษาพริกนานขึ้นก็สามารถเกิดการสุก (ripening) ของผลได้ โดยเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีแดง ต่างจากพริกชนิดอื่นๆ ที่ส่วนใหญ่เป็นพืชประเภท non-climacteric fruit (Biles, Wall and Blackstone,

1993; Lurie, Shapiro and Ben-Yehoshua, 1986; Saltveit, 1977) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปแบบที่คล้ายกันกับมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ซึ่งไคโตซานสามารถลดอัตราการหายใจของผลมะเขือเทศได้ (El Ghaouth *et al.*, 1992c) ส่วนผลพริกชี้ฟ้าที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 1 นาที มีแนวโน้มการลดลงของอัตราการหายใจเช่นกัน แต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นในการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ โดยคำนึงฤทธิ์ทางชีวภาพของไคโตซานเป็นสำคัญ พบว่าการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายนอกได้หลายประการ เช่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวของผล การชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด เป็นต้น อาจเนื่องมาจากไคโตซานเข้าไปกระตุ้นให้เกิดกลไกทางสรีรวิทยาบางประการและกระตุ้นระบบป้องกันตนเองของพืชได้ (Tripathi and Dubey, 2004)ทำให้ผลพริกชี้ฟ้ามีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกันกับรายงานของ รุ่งนภา อินทปิ่น (2547) ว่าผลเงาะที่แช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นเพียง 5 และ 20 ppm สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด และการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเปลือก เป็นต้น ซึ่งต่างจากงานวิจัยอื่นๆ ที่มุ่งเน้นในการนำไคโตซานไปเป็นฟิล์มสำหรับเคลือบผิวของผักและผลไม้ ที่อาจทำให้เกิดผลเสียขึ้นได้ ดังเช่น การทดลองของ ไพรัตน์ โสภโณดร, สุทธวัฒน์ เบญจกุล และวิคเนตร พระพุทธ (2536) ที่ว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ได้ทดลองเก็บรักษามะนาวที่ยังไม่เน่าเสียไว้เหมือนเดิม พบว่ามะนาวที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1.50 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1.00 (ปริมาตร/ปริมาตร) จะปรากฏรอยไหม้และรูปทรงผิดปกติ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ามีการสร้างแผ่นฟิล์มไคโตซานหนาเกินไป และเกิดการสะสมของกรดอะซิติก ส่งผลให้เกิดรอยไหม้ที่ผิวมะนาว จึงเป็นเครื่องยืนยันว่า การใช้ไคโตซานที่เข้มข้นมากเกินไปจะเกิดผลเสียเกิดขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน เช่นเดียวกันกับ การใช้ไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.75 สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ แต่ขั้นตอนในการทำค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นสูงมีลักษณะค่อนข้างเหนียว เมื่อใช้เคลือบผิวแล้วสารเคลือบจะไหลไปรวมอยู่ด้านล่างยากต่อการทำให้แห้ง และหากไม่แห้งจะทำให้ผลเงาะเกิดการเน่าเสียได้ง่าย รวมถึงทำให้ขนของผลเงาะมีลักษณะค่อนข้างแข็ง ทำให้ลักษณะที่ปรากฏแตกต่างไปจากลักษณะธรรมชาติ (พูนทรัพย์ พาติกะบุตร, 2544) ดังนั้นการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ เพื่อกระตุ้นการตอบสนองของพืช อาจจะมีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลพริกชี้ฟ้าได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการทดลองใช้สารละลายน้ำมันกานพลูร่วมกับสารละลายไคโตซาน จะเห็นได้ว่ามีลักษณะต่าง ๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการในการ

ยืดอายุการเก็บรักษาพริกชี้ฟ้า ดีกว่าการใช้สารละลายน้ำมันกานพลูหรือสารละลายไคโตซาน เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ดีที่สามารถนำไปเสนอแนะให้กับเกษตรกรต่อไป