

ผลของการเตรียมเนื้อลำไย เงาะ และลิ้นจี่ก่อนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ ร่วมกับอินฟราเรด ตามด้วยลมร้อนต่อปริมาณน้ำตาล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Effect of pretreatment of the dried longan, rambutan and lychee pulps
by microwave and infrared followed by hot air drying
on the sugars and antioxidant power

ศรีปาน เชยกลิ่นเทศ¹ ทศพร นามโฮง¹ และ กลอยใจ เชยกลิ่นเทศ^{2*}

Sripan Cheuyglintase,¹ Tosporn Namhong¹ and Kloyjai Cheuyglintase^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเตรียมเนื้อลำไย เงาะ และลิ้นจี่ ก่อนการอบแห้ง ด้วยการลวก แช่น้ำแข็งที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส แช่สารละลายกรดซิตริก 0.5 เปอร์เซ็นต์ และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณน้ำตาล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทำแห้งด้วยระบบไมโครเวฟ 400 วัตต์ ร่วมกับอินฟราเรดแบบต่อเนื่อง ตามด้วยการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส วัดปริมาณน้ำตาลก่อนและหลังอบแห้งด้วยวิธี HPLC หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ผลการศึกษาพบว่า การใช้ไมโครเวฟ 5 นาที ร่วมกับอินฟราเรด 5 นาที พัก 5 นาที จำนวน 5 รอบ แล้วอบต่อด้วยลมร้อนเป็นเวลา 5 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นในเนื้อลำไยได้มากที่สุด รองลงมาคือเงาะและลิ้นจี่ เนื้อผลไม้ที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีแตกต่างกันเมื่อแห้งแล้วมีน้ำตาลเพิ่มเป็น 5 เท่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเนื้อลำไยสด เงาะสด และลิ้นจี่สด มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 38.22 179.19 และ 17.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การแช่กรดซิตริก สามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อลำไยได้ สำหรับเงาะและลิ้นจี่นั้น เนื้อแห้งที่ผ่านการเตรียมก่อนอบทุกวิธีพบว่า มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

คำสำคัญ : เนื้อลำไยอบแห้ง เนื้อเงาะอบแห้ง เนื้อลิ้นจี่อบแห้ง การเตรียมก่อนอบแห้ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา 13000

¹ Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya, 13000

² คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

² Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thunyaburi, Pathumthani, 12130

* Corresponding author. E-mail: kloyake@hotmail.com

Abstract

This research aimed to find out the effect of pretreatment of longan, rambutan and lychee pulps by blanching and soaking in 5-7°C ice water, 0.5% w/w citric acid solution and 0.5% w/w CaCl₂ solution before drying by 400 W microwave and infrared continuous heating system followed by 70°C hot air drying at on the total sugar content measured by HPLC method and the antioxidant power measured by DPPH radical scavenging assay method. The results showed that the tempering drying by microwaves for 5 min, by infrared for another 5 min and cooling for the other 5 min for 5 rounds before drying with hot air for 5 h could most effectively reduced moisture content of longan, followed by rambutan and lychee. Dried fruit pulps had higher sugar content approximately 5 times than that of the fresh pulps. Antioxidant power of fresh longan, rambutan and lychee was found with the value of IC₅₀ at 38.22, 179.19 and 17.15 mg/ml, respectively. Soaking in citric acid had increased the IC₅₀ value of dried longan. All pretreatment methods increased the IC₅₀ values of rambutan and lychee.

Keywords : dried longan pulp, dried rambutan pulp, dried lychee pulp, pretreatment, microwave and infrared drying, antioxidant power

บทนำ

การควบคุมคุณภาพของผลไม้อบแห้งด้วยลมร้อนทำได้ยาก การใช้อุณหภูมิสูงเวลานานกับผลไม้ที่มีน้ำตาลสูง ทำให้เสียรสชาติ สีคล้ำ เสียคุณค่าอาหาร ลดความแน่นของเนื้อของผลไม้แห้ง (Lin *et al.*, 1998) การทำอาหารแห้งด้วยลมร้อนมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำ ผลไม้มีค่าการนำความร้อนต่ำ การคายความร้อนจากภายในเนื้อผลไม้จำกัด (Andres *et al.*, 2004) การใช้ไมโครเวฟอบแห้งอาหารพบว่าใช้เวลาสั้น การแห้งสม่ำเสมอ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีกว่าการใช้ลมร้อน (วิไล, 2547; Lin *et al.*, 1998; Andres *et al.*, 2004)

ลำไย เป็นผลไม้เศรษฐกิจ ประเทศไทยส่งออกลำไยรายใหญ่ของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ลำไยอบแห้งมีความขึ้นมาตรฐานไม่เกิน 18 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก (นวลศรี, 2549) การอบแห้งลำไยด้วยลมร้อนเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด (ทศวรรณ, 2546) ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น

เนื่องจากหาแหล่งความร้อนได้ง่าย แต่ใช้เวลานาน (อาคม และคณะ, 2550; Alibas, 2007) การอบแห้งต้องใช้อุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาคุณภาพของสี กลิ่น และรูปร่าง (เพชรรัตน์, 2549; Varith *et al.*, 2007)

เงาะสดมีอายุการเก็บรักษา 4-7 วัน เปลือกเงาะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ มีน้ำจากเนื้อผลไหลเยิ้ม ชาวสวนต้องรีบจำหน่าย เมื่อเงาะสดในตลาดมีมากทำให้ราคาต่ำ ผลผลิตที่ส่งออกเป็นเงาะสด เงาะแชเย็น มีไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเงาะกระป๋องและเงาะสดได้สับปะรดบรรจุกระป๋อง (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี, 2539)

ผลล้นจี่มีอายุการเก็บสั้น เปลือกเป็นสีน้ำตาลภายใน 24 ชั่วโมง หลังเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ล้นตลาด ราคาถูก การแปรรูปผลล้นจี่เป็นทางเลือกหนึ่ง ที่เพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต (ศุภรัตน์, 2544)

การเตรียมเนื้อผลไม้ก่อนอบ ช่วยให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Rak *et al.*, 2003) ทำได้หลายวิธี เช่น การลวก การแช่ในสารละลาย

แคลเซียมคลอไรด์(คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) การแช่น้ำแข็ง การแช่สารละลายกรดซิตริก (ณภัทร, 2547; Gardner, 1996) เป็นต้น

คุณค่าอาหารของลำไย เาะ และลั่นจี

สารอาหารบางอย่างในเนื้อเาะสดมีความแตกต่างกันจากแหล่งผลิต เครื่องมือ และวิธีการตรวจที่ต่างกัน การศึกษาเนื้อลั่นจีก็มีงานวิจัยและจักรพรรดิพบว่า มีสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่อุดมด้วยวิตามินเอ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ที่มีบทบาทเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ แอนติอะพอพอโตซิส และชักนำการทำงานของ T-lymphocyte ปกป้องการมีศักยภาพที่จะพัฒนาหรือใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อป้องกันการทำลายและการอักเสบของตับจากสารพิษต่างๆ (เลิศลักษณ์ และคณะ, 2552)

การเตรียมเนื้อผลไม้ก่อนอบแห้ง

การเตรียมเนื้อผลไม้ก่อนการอบ มีส่วนสำคัญในการเพิ่มคุณภาพของเนื้อผลไม้อบแห้ง ทำได้หลายวิธี ได้แก่ การลวกช่วยทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเนื้อผลไม้ ทำให้เนื้อผลไม้ไม่มพบว่า การลวกเนื้อมะม่วงสุกด้วยน้ำร้อน 90 องศาเซลเซียส 3 และ 5 นาที ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ร้อยละ 50 และ 90 ตามลำดับ(Arogba, 2000) กล้วยที่ผ่านการลวกแล้วแช่แข็ง ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง (Rak *et al.*, 2003)

การแช่กรดซิตริก ช่วยให้อาหารมีกลิ่นรสและความเป็นกรด-ด่างเหมาะสม ช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ ทำให้สี มีความคงตัวขึ้น กรดซิตริกเป็น

สารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมาก (Gardner, 1996)

แคลเซียมคลอไรด์ เมื่อละลายน้ำแตกตัวให้ Ca^{2+} ทำปฏิกิริยากับเพคติน เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group, $-\text{COOH}$) เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตต (calcium pectate) ซึ่งไม่ละลายน้ำ การแช่แคลเซียมคลอไรด์ทำให้ผนังเซลล์ฝักและผลไม้แน่น กรอบ โครงสร้างของเซลล์คงรูป (นิธิยา, 2544)

การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟ ลมร้อน อินฟราเรด

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ ผัก ผลไม้ และอาหาร คลื่นไมโครเวฟถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในเนื้อของวัสดุ เกิดความร้อนขึ้นทำให้น้ำระเหยออกจากวัสดุอบแห้งรวดเร็ว (แดนชัย, 2551; Baysal *et al.*, 2003) การอบแห้งใช้เวลาสั้นลง (Diaz *et al.*, 2003 ; Alibas, 2007; Gowen *et al.*, 2008) ผลิตภัณฑ์แห้งมีคุณภาพสูง ประหยัดพลังงาน (เพชรรัตน์, 2549) นำมาใช้ร่วมกับการอบแห้งแบบอื่นๆ ได้ เช่น ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด และไมโครเวฟภายใต้ความดันสุญญากาศร่วมกับลมร้อน (จาตุพงค์ และคณะ, 2548; แดนชัย, 2551; Krokida and Maroulis, 1999) เป็นต้น การอบแห้งด้วยไมโครเวฟนั้น เนื้อของผลิตภัณฑ์ทุกส่วนได้รับพลังงานพร้อมกันทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปทรงคงเดิมสีใกล้เคียงกับของสดได้รับความร้อนเป็นเวลาสั้นๆ สามารถอบแห้งได้โดยไม่ขึ้นอยู่กัาสภาวะของอากาศ (วิไล, 2547; กอบพัชรกุล, 2550)

การอบแห้งด้วยลมร้อน ความร้อนเคลื่อนที่จากผิวด้านนอกของเนื้อวัสดุเข้าไปสู่ภายใน แล้วทำให้น้ำระเหยออกมาข้างนอก ผิวด้านนอกของวัสดุค่อยๆ แห้งเข้าไปสู่แกนกลางผิวที่แห้งเป็นฉนวน ความร้อนทำให้การนำความร้อนลดลง ใช้เวลาอบแห้งนานทำให้ ผิวนอกแข็งและมีสีคล้ำ (วิลโล, 2547; กอบพัชรกุล, 2550)

อินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงความถี่สูงกว่าไมโครเวฟ พลังงานจากอินฟราเรดถูกวัตถุดูดกลืนแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ปริมาณความร้อนขึ้นกับลักษณะของพื้นผิวและสี อินฟราเรดผ่านเข้าไปในชั้นของอาหารได้น้อยกว่าคลื่นไมโครเวฟ ความร้อนจากอินฟราเรดถูกจำกัดอยู่บริเวณผิวเหมือนการให้ความร้อนโดยการอบด้วยลมร้อนทั่วไป เมื่ออาหารร้อนขึ้นด้วยไมโครเวฟ การใช้อินฟราเรดร่วมด้วยจะสามารถเปิดทางให้น้ำในอาหารออกมาที่ผิวหน้าของอาหารได้รวดเร็วขึ้นอย่างต่อเนื่อง การลดความชื้นของอาหารเพิ่มสูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการทำแห้งเพิ่มขึ้น (Sevimli *et al.*, 2005)

การลดความชื้นของผลผลิตเกษตรด้วยอุณหภูมิสูง ควบคุมคุณภาพผลผลิตได้โดยการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์สลับกับการหยุดให้ความร้อนเป็นระยะๆ (tempering) รายงานผลการศึกษาการใช้อุณหภูมิสูงในการลดความชื้นของข้าวเปลือกโดยวิธี tempering พบว่าสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้ในอัตราสูงกว่าปกติ 38 เปอร์เซ็นต์ (Aquerreta *et al.*, 2007)

ตู้อบระบบไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรดแบบต่อเนื่องที่ใช้ในการทดลองนี้ ปรับการใช้พลังงาน

ได้ 2 ระดับคือ 800 และ 400 วัตต์ ทำการทดลองอบเนื้อลำไย พบว่าพลังงานทั้งสองระดับค่อนข้างสูงเมื่ออบเนื้อลำไยต่อเนื่องไปจนแห้ง เนื้อลำไยใหม่เป็นสีน้ำตาลเข้มถึงดำ เมื่อปรับวิธีการให้ความร้อนสลับกับการหยุดให้ความร้อนเป็นระยะๆ พลังงาน 400 วัตต์ ใช้อบเนื้อผลไม้ได้คุณภาพดีกว่าพลังงาน 800 วัตต์ เมื่อความชื้นของเนื้อผลไม้ลดลงไปบางส่วน การอบต่อในระบบไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรดจนแห้งยังทำให้เนื้อผลไม้บางส่วนไหม้ ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงเลือกใช้ระบบไมโครเวฟ 400 วัตต์ร่วมกับอินฟราเรด หยุดให้ความร้อนเป็นระยะแล้วตามด้วยการอบในตู้อบลมร้อน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการเตรียมเนื้อลำไย เาะและลั่นจี ก่อนการอบแห้ง ได้แก่ การลวก การแช่น้ำแข็ง การแช่สารละลายกรดซิตริก และการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แล้วทำแห้งด้วยระบบไมโครเวฟ 400 วัตต์ ร่วมกับอินฟราเรดแบบต่อเนื่องตามด้วยการอบในตู้อบลมร้อน ต่อปริมาณน้ำตาลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิธีการศึกษา

วัสดุ: ลำไยพันธุ์ดอ เาะโรงเรียน และลั่นจีพันธุ์จักรพรรดิ น้ำแข็งเกล็ดหยาบ กรดซิตริก และแคลเซียมคลอไรด์ชนิด food grade ถุงพลาสติกกันความชื้นพอลิเอทิลีน (polyethylene bag) เพื่อใช้ในการบรรจุลำไย เาะ และลั่นจี ที่ผ่านการอบแห้งเครื่องอบแห้งระบบไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรดแบบต่อเนื่องที่ใช้ในการทดลอง แสดงใน Figure 1

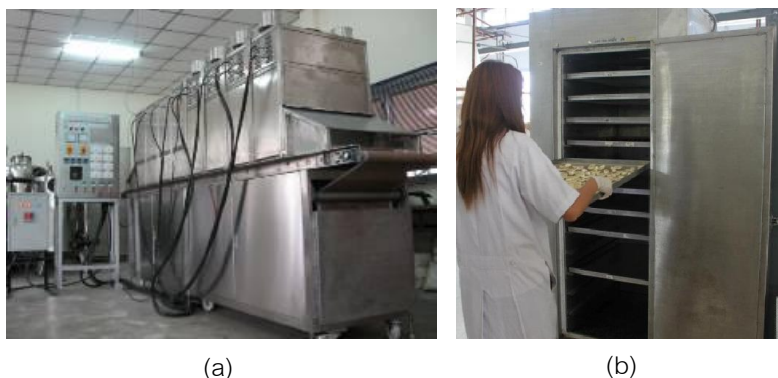


Figure 1 The continuous microwave-infrared drier which the front 4 units compose of 8 microwave magnetrons and the back units are the infrared set (a). The hot air (tray) drier used in the experiment (b). Source: Prema Asia Technology Limited.

การคว้านเมล็ดลำไย เงานะ และลั่นजी

นำลำไย เงานะ และลั่นजीสด มาแช่เย็นที่ 10 องศาเซลเซียส เลือกผลเน่าเสีย หรือผลแตกทิ้ง เลือกผลขนาดกลางที่เท่ากัน คว้านเมล็ดและแกะเปลือก โดยแช่ผลไม้ทั้งเปลือกและเนื้อผลไม้ที่คว้านแล้วแยกกันในน้ำแข็ง ที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส แล้วล้างด้วยน้ำกรองจนสะอาดก่อนนำไปเตรียมในขั้นตอนต่างๆ ต่อไป สำหรับเนื้อเงานะ เมื่อคว้านเมล็ดออกแล้วผ่ากลางแยกออกกันเป็น 2 ชิ้น เพื่อให้สามารถทำแห้งได้อย่างสม่ำเสมอ

การเตรียมเนื้อลำไย เงานะ และลั่นजी ก่อนอบแห้ง

การลวก นำเนื้อผลไม้มาลวกในน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 87 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาที

การแช่น้ำแข็ง หลังจากคว้านเมล็ดผลไม้แล้ว แช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส จนน้ำเข้าตู้อบ

การแช่สารละลายกรดซิตริก 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที นำขึ้นวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ การแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที นำขึ้นวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ

ขั้นตอนการอบแห้งเนื้อลำไย เงานะ และลั่นजी

นำเนื้อผลไม้ที่ผ่านการเตรียมแล้ว มาเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปหาความชื้น เปิดเครื่องอบ ปรับสายพานตาข่ายให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วในระบบ ไมโครเวฟ 5 นาที ตามด้วยอินฟราเรด 5 นาที ปรับกำลังไฟไมโครเวฟ 400 วัตต์ อุณหภูมิหลอดอินฟราเรด ด้านบน 140 องศาเซลเซียส ด้านล่าง 90 องศาเซลเซียส เรียงเนื้อผลไม้บนสายพาน เปิดระบบไฟควบคุม หัวแมกนีตรอน และอินฟราเรด ตามจังหวะการเคลื่อนที่ของสายพาน ปรับพัดลมระบายอากาศและช่องระบายอากาศตามจุดต่างๆ ในตู้อบ นำตัวอย่างออกมาวางในที่ที่มีอากาศถ่ายเทดี สุ่มเก็บตัวอย่างหาความชื้น วางพักไว้ 5 นาที แล้วทำซ้ำแบบเดิมจนครบ 5 รอบ

แล้วเรียงเนื้อผลไม้บนตะแกรงเทปลอนในภาตสแตนเลส นำเข้าอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลมในตู้อบลมร้อนประมาณ 10 เมตรต่อวินาที สุ่มเก็บตัวอย่างหาความชื้นทุกชั่วโมง จนครบ 5 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบลมร้อน บรรจุในถุงพอลิเอทิลีน ปิดผนึก เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ส่งตรวจปริมาณน้ำตาลด้วยวิธี HPLC ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และตรวจฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (Miliauskas *et al.*, 2004) ที่ห้องปฏิบัติการคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นำผลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการจับอนุมูลอิสระและความเข้มข้น แล้วนำคำนวณหาค่า IC_{50} เพื่อแสดงถึงความเข้มข้นที่สามารถจับอนุมูลอิสระได้ 50 เปอร์เซ็นต์ จากสมการ

$$\%Inhibition = [(Abs_{control} - Abs_{sample}) / Abs_{control}] \times 100$$

Abs = absorbance

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

การแห้งและลักษณะของเนื้อลำไย เงานะ และลิ้นจี่หลังอบ

ค่าความชื้นที่เวลาต่างๆ ของเนื้อลำไย เงานะ และลิ้นจี่อบแห้งที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ แล้วอบด้วยเครื่องอบแห้งระบบไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด 5 รอบ ตามด้วยการอบในลมร้อน 5 ชั่วโมง แสดงใน Table 1-3 พบว่าในช่วงการอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรดนั้นสามารถ

ลดความชื้นของเนื้อลำไยได้มากที่สุด ตามมาด้วยเงานะ และลิ้นจี่ การเตรียมด้วยวิธีต่างๆ มีผลแสดงความแตกต่างในการลดความชื้นของเนื้อลำไยในแต่ละช่วงเวลาของการอบแห้งแต่ไม่มีความแตกต่างกันในเงานะ และลิ้นจี่ การใช้ไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรดลดความชื้นของเนื้อผลไม้ช่วยลดระยะเวลาการอบได้มาก สอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยคนอื่นๆ (เพชรรัตน์, 2549; เคนชัย, 2551; Baysal *et al.*, 2003; Diaz *et al.*, 2003; Alibas, 2007)

สีของเนื้อผลไม้อบแห้งทั้ง 3 ชนิดเป็นสีน้ำตาลอ่อน มีคุณภาพดี เช่นเดียวกับผลการศึกษาของเพชรรัตน์ (2549) เนื้อลำไยลวก มีสีเหลืองทองอ่อน เนื้อนิ่ม ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Arogba (2000) แต่เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกเหนียว สัมผัสเหนียวติดมือ อาจเป็นเพราะผนังเซลล์ที่อ่อนตัวลง ทำให้น้ำตาลเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์ออกมาที่ผิวนอกได้มากขึ้น เห็นได้ชัดเจนว่าถ้าคว้านเมล็ดลำไยที่อุณหภูมิห้อง เสียน้ำหนักมากกว่าการคว้านเนื้อลำไยที่แช่น้ำแข็ง ในการทดลองนี้ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของลำไยลวกต่ำกว่าลำไยที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีอื่นๆ ก็อาจยืนยันได้ว่าการลวกมีส่วนทำให้น้ำตาลในเนื้อผลไม้ออกมาที่ผิวได้มากขึ้น เมื่อแห้งจึงรู้สึกเหนียวติดมือมากกว่าเนื้อผลไม้ที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีอื่นๆ

เนื้อลำไยที่ผ่านการแช่น้ำแข็ง เป็นสีทอง เนื้อสัมผัสแข็งกว่าเนื้อลำไยลวก ไม่เหนียวติดมือ รสหวาน หอม เคี้ยวไม่ติดฟัน เนื่องจากการแช่น้ำแข็งช่วยรักษาโครงสร้างของผนังเซลล์ให้คงสภาพไม่อ่อนตัว (วิไล, 2547) เนื้อลำไยแช่สารละลายกรดซิตริก เป็นสีทอง เนื้อสัมผัสแข็งกว่าเนื้อลำไยลวก ไม่เหนียวติดมือเคี้ยวไม่ติดฟัน เนื้อลำไยแช่สารละลาย

แคลเซียมคลอไรด์ มีสีเหลืองทอง เนื้อสัมผัสแข็งกว่าชนิดอื่นๆ ไม่เหนียวติดมือ เคี้ยวไม่ติดฟัน การแช่กรดซิตริกเป็นการเพิ่มสารในเนื้อผลไม้ (Gardner, 1996) และการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่มีส่วนช่วยให้ผนังเซลล์เนื้อผลไม้แข็งขึ้น (นิธิยา, 2544) ทำให้คุณภาพการเคี้ยวและการสัมผัสดีขึ้น ไม่เหนียวติดมือ และเคี้ยวไม่ติดฟัน

เนื้อเงาะที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ กัน หลังอบแห้ง มีสีและลักษณะใกล้เคียงกัน คือสีไม่สม่ำเสมอ มีเนื้อสีขาวปนอยู่กับเนื้อสีน้ำตาลกลางๆ เคี้ยวนุ่มในปาก มีรสหวาน มีกลิ่นหอมชวนรับประทานมาก

เนื้อลิ้นจี่สดมีน้ำเป็นส่วนประกอบมาก ถึงประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสด เมื่อนำมาทำแห้ง แม้จะมีการเตรียมด้วยวิธีที่แตกต่างกัน พบว่ามีสีและลักษณะใกล้เคียงกันมาก เป็นแผ่นบางๆ

สีน้ำตาลอ่อน เมื่อเคี้ยวจะเหนียว มีรสออกเปรี้ยวชัดเจนกลิ่นหอม

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้อลำไย เงาะ และลิ้นจี่อบแห้ง พบว่าลักษณะเนื้อผลไม้สดที่แตกต่างกัน มีผลต่อคุณภาพหลังอบแห้ง ทำให้มีลักษณะแตกต่างกัน เนื้อเงาะแห้งหนานุ่มและมีความยืดหยุ่นตัวสูงที่สุด เนื้อลิ้นจี่แห้งจะบาง เหนียว มองเห็นเป็นเส้นใยชัดเจน ส่วนเนื้อลำไยจะอยู่กลางๆ ระหว่างเนื้อเงาะและเนื้อลิ้นจี่

ปริมาณน้ำตาลในผลไม้

ปริมาณน้ำตาลในลำไย เงาะ และลิ้นจี่จากผลสดและผลที่ผ่านการทำแห้งในสภาวะต่างๆ แสดงใน Table 4-6 ปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลไม้แห้งเพิ่มขึ้นประมาณ 4.5-5 เท่าของปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลไม้สด

Table 1 Average moisture content (% wet basis) of longan in the microwave and infrared drying followed by hot air drying.

pre-treatment method	initial moisture	moisture content (% wb) of longan									
		1 st round in microwave and infrared	2 nd round in microwave and infrared	3 rd round in microwave and infrared	4 th round in microwave and infrared	5 th round in microwave and infrared	after 1 st hour in hot air	after 2 nd hour in hot air	after 3 rd hour in hot air	after 4 th hour in hot air	after 5 th hour in hot air
Blanching	84.81 ^b	75.59 ^c	68.71 ^d	64.11 ^b	58.12 ^d	57.42 ^a	51.84 ^{ab}	33.18	19.21	16.74	15.8
Ice water	87.02 ^a	79.87 ^a	73.63 ^a	67.66 ^a	63.54 ^a	56.22 ^a	51.53 ^{ab}	34.73	23.45	16.75	15.04
Citric acid	83.73 ^c	77.50 ^b	72.34 ^b	67.27 ^a	62.32 ^b	54.16 ^b	56.33 ^a	36.26	24.28	17.14	14.71
CaCl ₂	82.54 ^c	76.38 ^{bc}	70.19 ^c	65.18 ^b	59.19 ^c	53.07 ^{bc}	48.94 ^{ab}	30.83	20.84	16.23	14.62
F-test	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.60	0.90	0.97	0.95	0.94	4.27	10.26	22.95	12.62	6.59	6.79

ns : not significantly different ($p>0.05$) by DMRT, * : significantly different ($p\leq 0.05$) by DMRT, the same alphabet in the same column is not significantly different ($p>0.05$)

Table 2 Average moisture content (% wet basis) of rambutan in the microwave and infrared drying followed by hot air drying.

pre-treatment method	initial moisture	moisture content (% wb) of rambutan									
		1 st round in microwave and infrared	2 nd round in microwave and infrared	3 rd round in microwave and infrared	4 th round in microwave and infrared	5 th round in microwave and infrared	after 1 st hour in hot air	after 2 nd hour in hot air	after 3 rd hour in hot air	after 4 th hour in hot air	after 5 th hour in hot air
Blanching	85.18	84.34	82.62	80.40	78.26	76.20	65.53	55.82	23.05	17.36	15.42
Ice water	85.96	84.96	79.27	77.58	74.47	72.53	45.81	27.48	26.97	18.45	12.70
Citric acid	84.87	84.07	82.74	80.87	79.04	78.33	61.20	59.33	27.72	17.60	16.08
CaCl ₂	86.32	86.19	84.92	78.82	77.39	76.39	66.35	48.51	36.25	19.73	13.01
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.66	1.36	1.96	2.34	5.27	2.97	3.79	9.35	21.01	25.48	22.26

ns : not significantly different ($p>0.05$) by DMRT

Table 3 Average moisture content (% wet basis) of lychee in the microwave and infrared drying followed by hot air drying.

pre-treatment method	initial moisture	moisture content (% wb) of lychee									
		1 st round in microwave and infrared	2 nd round in microwave and infrared	3 rd round in microwave and infrared	4 th round in microwave and infrared	5 th round in microwave and infrared	after 1 st hour in hot air	after 2 nd hour in hot air	after 3 rd hour in hot air	after 4 th hour in hot air	after 5 th hour in hot air
Blanching	91.78	91.08	88.75	86.43	83.35	81.81	68.45	55.54	51.58	38.42	36.29
Ice water	90.15	88.71	88.61	85.46	82.31	82.57	55.84	48.07	39.14	30.20	29.46
Citric acid	87.38	86.43	86.61	83.80	83.14	82.40	70.82	64.60	55.09	35.96	29.42
CaCl ₂	88.86	87.86	87.38	87.02	86.10	85.21	76.16	70.28	56.02	39.34	30.34
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.43	2.84	1.76	3.5	7.28	2.03	15.16	18.12	25.28	30.04	34.64

ns : not significantly different ($p>0.05$) by DMRT

Table 4 Sugar content (g/100g) of fresh and dried longans from different pretreatment methods before microwave-infrared drying followed by hot air drying.

type of sugars	fresh	blanching	ice water	citric acid	CaCl ₂
Sucrose	10.00	49.87	45.10	46.74	50.27
Glucose	1.59	7.37	7.68	8.72	7.59
Fructose	1.48	8.27	7.78	8.87	8.02
Manose	0.30	1.34	1.20	1.44	1.42
Total	13.37	66.85	61.76	65.77	67.3

Table 5 Sugar content (g/100g) of fresh and dried rambutan from different pretreatment methods before microwave-infrared drying followed by hot air drying.

type of sugars	fresh	blanching	ice water	citric acid	CaCl ₂
Sucrose	9.17	41.14	41.25	44.57	39.00
Glucose	1.90	7.86	8.64	9.87	15.06
Fructose	1.72	7.19	8.09	8.76	14.24
Manose	0.04	0.12	0.36	0.17	0.35
Total	12.83	56.31	58.34	63.37	68.65

Table 6 Sugar content (g/100g) of fresh and dried lychee from different pretreatment methods before microwave-infrared drying followed by hot air drying.

type of sugars	fresh	blanching	ice water	citric acid	CaCl ₂
Sucrose	1.17	0.52	0.27	0.32	2.66
Glucose	5.01	25.90	23.01	25.70	23.35
Fructose	4.87	25.90	23.71	26.09	23.68
Manose	0.19	1.00	1.13	1.25	1.00
Total	11.24	53.32	48.12	53.36	50.69

ปริมาณน้ำตาลในเนื้อลำไย เจาะ และลิ้นจี่อบแห้ง โดยรวม เพิ่มขึ้นจากเนื้อผลไม้สดประมาณ 5 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ ที่แสดงปริมาณน้ำตาลในผลไม้แห้งที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำตาลในผลไม้สดทั่วไปประมาณ 4-5 เท่า เช่น มะม่วงสด มีน้ำตาลรวมประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทำแห้ง ปริมาณน้ำตาลเพิ่มเป็น 73.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น แต่สัดส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครส: กลูโคส: ฟรุกโตส ในเนื้อเจาะ และลิ้นจี่ที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ก่อนอบ มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างไปจากเนื้อเจาะและลิ้นจี่สด

แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงนี้ในเนื้อลำไยอบแห้ง ทั้งนี้ไม่มีรายงานการตรวจปริมาณน้ำตาลในผลไม้ก่อนอบและหลังอบแห้ง ที่แสดงสัดส่วนของน้ำตาลชนิดต่างๆ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงนี้จึงยังไม่สามารถหาคำอธิบายที่มีเหตุผลตามหลักวิทยาศาสตร์ได้อย่างเพียงพอว่าเป็นเพราะอะไร ควรมีการศึกษาต่อไปว่าเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของเนื้อผลไม้ จากการเตรียมตัวอย่างหรือเป็นผลมาจากการอบในระบบไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรดหรือเป็นผลร่วมกัน

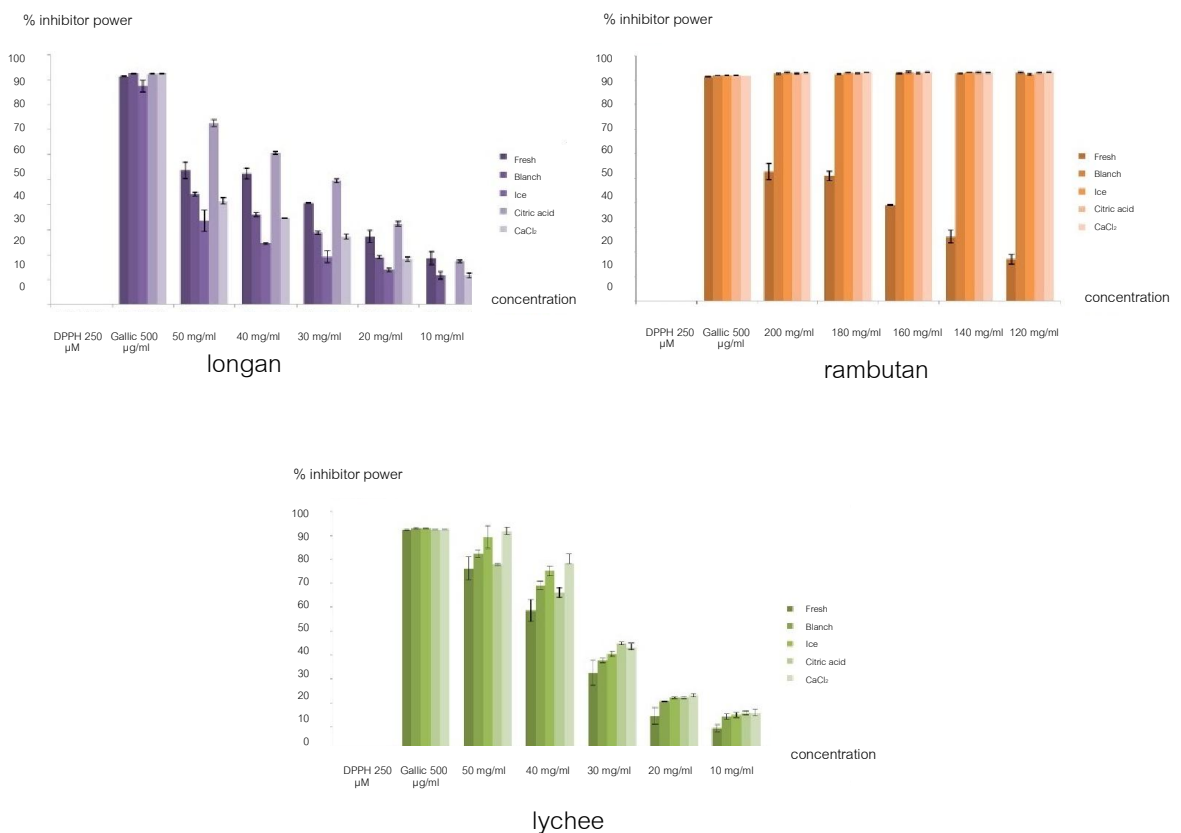


Figure 2 Antioxidant power of fresh longan, rambutan and lychee compared to that of dried longan from different pretreatments.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

เนื้อผลลำไยสดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $IC_{50} = 38.22$ mg/ml เนื้อผลเงาะสดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $IC_{50} = 179.19$ mg/ml เนื้อลิ้นจี่สดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $IC_{50} = 17.15$ mg/ml

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเนื้อลำไยสด เงาะสด และลิ้นจี่สด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 38.22, 179.19 และ 17.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แสดงใน Figure 2 ค่า IC_{50} คือปริมาณความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลไม้ที่มีความสามารถในการลดอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง ดังนั้นยังได้ค่าน้อยแสดงว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง คือที่ความเข้มข้นน้อยๆ แต่ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูง ในที่นี้เนื้อลิ้นจี่สด จึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงเป็นประมาณ 2 เท่าของเนื้อลำไย และสูงประมาณ 9 เท่าของเนื้อเงาะสด สำหรับในลำไย เงาะ และลิ้นจี่นั้น องค์ประกอบทางเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีผู้ศึกษาและรายงานไว้ว่าเป็นสารประกอบฟีนอล กรดแกลลิก วิตามินซี วิตามินอี และอื่นๆ ปริมาณของสารที่แตกต่างกันส่งผลให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน

เนื้อลำไยที่แช่กรดซิตริก พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น สำหรับเงาะและลิ้นจี่นั้น เนื้อแห้งที่ผ่านการเตรียมทุกวิธีตรวจพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ซึ่งเป็นการค้นพบที่มีประโยชน์มาก โดยปกติคนทั่วไปมักจะคิดว่าการรับประทานผลไม้สดแห้งทำให้อ่อนแอเนื่องจากมีน้ำตาลในปริมาณสูง แต่สำหรับเงาะและลิ้นจี่อบแห้งนั้น เนื้อแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเนื้อสดมาก ดังนั้นการอบแห้งนอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแล้วยังเพิ่มคุณค่าซึ่งเป็นประโยชน์ในการบริโภคอีกด้วย

สรุป

การใช้ไมโครเวฟ 5 นาที ร่วมกับอินฟราเรด 5 นาที พัก 5 นาที จำนวน 5 รอบ แล้วอบต่อด้วยลมร้อน เป็นเวลา 5 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นในเนื้อลำไยได้มากที่สุด รองลงมาคือเงาะและลิ้นจี่ เนื้อผลไม้ที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีแตกต่างกันเมื่อแห้งแล้วมีน้ำตาลเพิ่มเป็น 5 เท่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเนื้อลำไยสด เงาะสด และลิ้นจี่สด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 38.22, 179.19 และ 17.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การแช่กรดซิตริกสามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อลำไยได้ สำหรับเงาะและลิ้นจี่นั้น เนื้อแห้งที่ผ่านการเตรียมก่อนอบทุกวิธีพบว่า มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กอบพัชรกุล เป็นบุญ. 2550. การอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบลมร้อนและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2546. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จาดุพงศ์ วาฤทธิ์, ไพรัชต์ ดิษฐณารักษ์กุล, ศิวะ อัจฉริยวิริยะ และอารีย์ อัจฉริยวิริยะ. 2548. การอบแห้งลำไยเนื้อสีทองด้วยกระบวนการไมโครเวฟ-ลมร้อน. น. 393-402. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- แดนชัย เครือเงิน. 2551. คุณภาพของเนื้อลำไยที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

- ณภัทร ปวีณพงษ์พัฒน์. 2547. ผลของกรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก โซเดียมอิทธิฤทธิ์ และแคลเซียม-คลอไรด์ต่อสีของลำไยอบแห้งพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ทศวรรณ ปัญญาบุตร. 2546. การอบแห้งลำไยแบบคว้าน เมล็ดออก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- นิธยา รัตนานนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- นวลศรี รักอริยะธรรม. 2549. การยืดอายุลำไยโดยการอบและการใช้เอนไซม์และการวิจัยและพัฒนาต้นแบบการอบลำไยแบบใช้เตาไมโครเวฟผสมผสานกับการอบแบบเป่าลมร้อน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- เพชรรัตน์ ใบบุญ. 2549. การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้ง ลำไยด้วยเทคนิคแบบต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- เลิศลักษณ์ ภูพัฒน์, สมเดช ศรีชัยรัตนกุล, ธวัช แต่โสติกุล, ดวงตา กาญจนโพธิ์ และหทัยรัตน์ ธนัญชัย. 2552. การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของลิ้นจี่. โครงการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.
- วิไล รังสาดทอง. 2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ศุภรัตน์ ศิริสกุลวัฒน์. 2544. การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีในลิ้นจี่ระหว่างกระบวนการแปรรูป. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ศุณยวิทย์พืชสวนจันทบุรี. 2539. การเพิ่มผลผลิตเงาะ. เอกสาร การฝึกอบรม. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. ปริมาณ และมูลค่า การส่งออกลำไยสด. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.agri.dit.go.th>. (18 มกราคม 2555)
- อาคม ไชยนา, ณัฐพล ภูมิสะอาด, กิตติศักดิ์ วิจิณท์กิตต์ และ ละมุล วิเศษ. 2550. การอบแห้งผักถั่วลิสงด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38(5):341-344.
- Alibas, I. 2007. Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying. *Biosyst. Eng.* 96(4): 495-502.
- Andres, A., C. Bilbao and P. Fito. 2004. Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air – microwave dehydration. *J. Food Eng.* 63; 71-78.
- Aquerreta, J, A. Iguaz, C. Arroqui and P. Virseda. 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. *J. Food Eng.* 80(2): 611-618.
- Arogb, S. S. 2000. Mango (*Mangifera indica*) kernel: chromatographic analysis of the tannin, and stability study of the associated polyphenol oxidase activity. *J. Food Comp. Anal.* 13: 149-156.
- Baysal T., F. Icier, S. Ersus and H. Yildiz. 2003. Effect of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *Eur. Food Res. Technol.* 218:68-73.
- Diaz, G.R., J. Martinez-Monzo, P. Fito and A. Chiralt. 2003. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Innov. Food Sci. Emerg.* 4(2): 203-209.
- Gardner, W.H. 1996. Food acidulants. Allied chemical crop, New York.

- Gowen, A.A., N. Abu-Ghannam, J. Frias and J. Oliverira. 2008. Modeling dehydration and rehydration of cooked soybeans subjected to combined microwave-hot-air drying. *Innov. Food Sci. Emerg.* 9(1): 129-137.
- Krokida, M.K. and Z.B. Maroulis. 1999. Effect of microwave drying on some quality property of dehydrated products. *Drying Technol.* 17: 449-466.
- Lin, T.M., T.D. Durance and C.H. Scaman. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze-dried carrot slices. *Food Res. Int.* 31: 111-117.
- Miliauskas, G., P.R. Venskutonis and T.A. Beek. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chem.* 85: 231-7.
- Rak, D., M. Richard and Y. Gordon. 2003. The effect of pretreatment on the drying rate and quality of dried banana. *J. Food Sci.* 38: 877- 882.
- Sevimili, K.M., G. Sumnu and S. Sahin. 2005. Optimization of halogen lamp-microwave combination baking of cakes: a response surface methodology study. *Eur. Food Res Technol.* 221:61-68.
- USDA database. 2013. Nutrition data lab. (online). Available: <http://ndb.nal.usda.gov> (12 September 2013).
- Varith, J., P. Dijkanarukkul, A. Achariyaviriya and S. Achariyaviriya. 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *J. Food Eng.* 81(2): 459-468.

