บทที่ 5

อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาการปรับปรุงวิธีบ่มฝักวานิลลา กรณีศึกษาที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง จ. เชียงใหม่ แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นการศึกษาถึงวิธีการบ่มฝักวานิลลาแต่ละขั้นตอนในวิธีการบ่มแบบดั้งเดิมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง การปรับปรุงวิธีการบ่มโดยใช้ตู้อบในขั้นตอน Sweating และการศึกษาผลของการนวดที่มีต่อคุณภาพฝักวานิลลา โดยการเปรียบเทียบวิธีการบ่มฝักด้วยการนวดฝักด้วยนิ้วมือ นวดฝักด้วยไม้ และไม่นวดฝักในขั้นตอน slow drying ส่วนที่สองเป็นการศึกษาต้นทุนอย่างง่าย ของการบ่มในแต่ละวิธีการบ่มที่ทำการปรับปรุง ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งสิ้นสุดขั้นตอนการปรับสภาพฝักวานิลลาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

5.1.1 ศึกษาผลของการบ่มฝักด้วยตู้อบลมร้อนในขั้นตอน sweating ที่มีต่อคุณภาพของฝักวานิลลา

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของฝักวานิลลาที่ทำการ sweating ด้วยตู้อบ พบว่า ที่ระยะเวลา 4-6 วัน มีค่าสีเขียวของฝักวานิลลาที่อบด้วยอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงช้ากว่าฝักวานิลลาที่ทำการตากแดด ในขณะที่การอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสและฝักที่ตากแดดมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเขียวเป็นสีน้ำตาลในรูปแบบใกล้เคียงกัน อาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการ sweating ไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นฝักและสารชีวเคมีบางชนิดที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งประสิทธิ์ สันติวัฒนา (2532) อธิบายว่า ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่สำคัญคือ ความชื้นและเคมีขององค์ประกอบภายในฝัก ซึ่งจะมีผลต่อสี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกฝักวานิลลาอาจเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ได้มาจากการกระทำของเอนไซม์ (non-enzymatic browning) โดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อน โดยเกิดจากสารพวกเอมีน (amine) กรดอะมิโน หรือโปรตีน ทำปฏิกิริยากับสารพวกน้ำตาล อัลดีไฮด์ (aldehyde) หรือ คีโตน (ketone)ในสภาพที่ไม่มีน้ำหรือมีน้ำในปริมาณน้อย จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกของผลผลิตจากสีเขียวเป็นน้ำตาลไหม้ เรียกว่า ปฏิกริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งจากการสังเกตระหว่างทำการศึกษาในขั้นตอน sweating พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกฝักจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลเข้มอย่างชัดเจน โดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดได้เร็วขึ้นถ้าสารละลายมีความ

เข้มข้นขึ้นเมื่อผ่านการอบแห้ง นอกจากนี้สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับเอ็นไซม์ (enzymatic browning reaction) ได้แก่ phenoloxidase (PPO) หรือ peroxidase (POD) ซึ่งทำให้เปลือกฝักมีสีน้ำตาล (นิธิยา, 2545; Sreedhar และคณะ, 2009) ดังนั้นฝักที่ sweating ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จึงมีการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวเป็นสีน้ำตาลช้ากว่าฝักที่ sweating ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และแสงแดด

สำหรับปริมาณความชื้นฝักในขั้นตอน sweating พบว่า ฝักวานิลลาที่ sweating ด้วยแสงแดดมีความชื้นคงเหลือมากกว่าฝักที่ sweating ด้วยตู้อบอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมขณะทำการ sweating ด้วยแสงแดด ซึ่งทำการตากฝักภายในโรงเรือนไม้ดอกที่ได้รับอิทธิพลจาก สภาพอากาศภายนอก ได้แก่ แสงแดด ความชื้นสัมพัทธ์ของพื้นที่ (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์) และกระแสลม (เนื่องจากหลังคาโรงเรือนมีลักษณะช่องที่ลมสามารถผ่านเข้าออกได้) ซึ่งในบางวัน พบว่า สภาพอากาศค่อนข้างแปรปรวนมีแสงแดดไม่สม่ำเสมอขณะตากฝัก และบางวันไม่มีแสงแดด ส่งผลให้ความชื้นฝักที่ตากแดดลดลงช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฝักที่อบด้วยตู้อบซึ่งมีสภาพแวดล้อมในระบบปิดที่มีความร้อนภายในตู้อบสม่ำเสมอ ดังนั้นฝักที่ sweating ด้วยแสงแดดจึงมีความชื้นคงเหลือในขั้นตอน sweating มากกว่าฝักที่ทำการ sweating ด้วยตู้อบ

นอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ยังพบว่า หลังจากทำการปรับสภาพ 3 เดือน ฝักที่ sweating ด้วยตู้อบลมร้อน มีคะแนนความพึงพอใจคุณภาพสีและความมันวาวของฝักเฉลี่ยมากกว่าฝักที่ sweating ด้วยแสงแดด แต่มีคะแนนความพึงพอใจด้านคุณภาพฝักโดยรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากผู้ประเมินมีความชอบหรือความพึงพอใจเกี่ยวกับกลิ่นวานิลลาที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า มีผู้ประเมินบางท่านให้คะแนนสูงมากกว่าคะแนนเฉลี่ยในขณะที่บางท่านให้คะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาก จึงทำให้ผลคะแนนการประเมินคุณภาพฝักด้านสี ความมันวาว และคุณภาพฝักโดยรวมจึงไม่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารให้กลิ่นหลัก vanillin หลังปรับสภาพนาน 3 เดือน พบว่า ฝักที่ sweating ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีปริมาณสาร vanillin เท่ากับ 851.01 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าฝักวานิลลาที่ sweating ด้วยแสงแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในขั้นตอน sweating ด้วยตู้อบมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ β-glucosidase (ประมาณ 45-65 องศาเซลเซียส) ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการเปลี่ยนสาร glucovanillin เป็นสาร vanillin (Ball และ Arana, 1941; Joel, 2003) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ฝักวานิลลาที่ sweating ด้วยตู้อบมีปริมาณสาร glucovanillin คงเหลือมากกว่าฝักที่ sweating ด้วยแสงแดด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นเพราะสาร glucovanillin เป็นสารตั้งต้นที่สามารถเปลี่ยนเป็นสารตัวกลางอื่นๆ นอกจากสาร vanillin ได้ เช่นสาร glucovanillic acid, vanillic

acid เป็นต้น (Havkin-Frenkel และคณะ., 2008) จึงทำให้มีปริมาณสาร glucovanillin คงเหลืออยู่ในปริมาณมาก ทั้งที่มีการสร้างสาร vanillin ในปริมาณมากก็ตาม

5.1.2 การศึกษาผลของการนวดในขั้นตอน slow drying ที่มีต่อคุณภาพฝักวานิลลา

จากผลของคุณภาพฝักวานิลลาที่ไม่นวดฝัก นวดด้วยไม้ และนวดด้วยนิ้วมือ ในขั้นตอน slow drying พบว่า ค่าสีของเปลือกฝักวนิลลาในขั้นตอน slow drying มีค่าคงที่จนสิ้นสุดขั้นตอนการบ่ม โดยมีค่าสีแดง (R) ค่าสีเขียว (G) และค่าสีฟ้า (B) เท่ากับ 51.0, 00.0, 0.0 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานอยู่ในรหัส 330000 ซึ่งมีลักษณะปรากฏของสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลเข้มเกือบดำจนสิ้นสุดขั้นตอนการบ่ม ซึ่งจากการรายงานของ Havkin-Frenkel (2004) รายงานว่าสีของฝักวานิลลาในระหว่างขั้นตอน slow drying ฝักวานิลลามีสีน้ำตาลเข้มปรากฏขึ้น อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล (enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปหรือเก็บรักษาฝัก ซึ่งเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืช เมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกล เช่น เกิดการช้ำ ฉีก ขาด เมื่อถูก กระแทก บด ทำให้สารประกอบ mono phenol ที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับ oxygen ในอากาศ และมีเอ็นไซม์ phenoloxidase (PPO) ทำให้เกิด hydroxylation เกิดเป็น *o*-diquinol สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็น *o*-quinones และรวมตัวกันเป็นสารโมเลกุลใหญ่มีสีน้ำตาลหรือเมลานิน (melanin) ที่ปรากฏบริเวณผิวฝักวานิลลา ซึ่งเอ็นไซม์ชนิดนี้ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (นิธิยา, 2545) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ นำฝักมาผึ่งในที่ที่มีอุณหภูมิห้องคงที่ประมาณ 34 องศาเซลเซียส ตลอดขั้นตอน slow drying จึงอาจทำให้ฝักวานิลลามีสีน้ำตาลเข้มซึ่งคงที่จนสิ้นสุดขั้นตอน slow drying

ส่วนความชื้นในฝักวานิลลาที่ผ่านการนวด พบว่า ลดลงเร็วกว่าฝักที่ไม่นวด อาจเนื่องจากการนวดมีผลทำให้เซลล์ของพืชได้รับความเสียหาย เซลล์จึงสูญเสียความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออกของน้ำและอากาศ (จริงแท้ ศิริพาณิช, 2541) ดังนั้นของเหลวภายในเซลล์จึงระเหยออกสู่ภายนอกได้ง่ายกว่าฝักที่ไม่นวด ซึ่งจากการทดลองเบื้องต้นของผู้ศึกษาทำการวัดค่าแรงกดที่ฝักของวานิลลา พบว่าฝักที่ผ่านการนวดมีค่าแรงกด (forces) สูงกว่าฝักที่ไม่ผ่านการนวด (ไม่แสดงข้อมูล) จึงอาจเป็นผลทำให้เนื้อสัมผัสของฝักที่ผ่านการนวดแห้งและแข็งเร็วกว่าฝักที่ไม่นวด อย่างไรก็ตามการนวดฝักสามารถลดระยะเวลาในขั้นตอน slow drying ลงได้ 4-6 วัน เนื่องจากฝักที่นวดมีความชื้นฝักลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสม (ประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์) ได้เร็วกว่าฝักที่ไม่นวด โดยการนวดฝักด้วยไม้ใช้เวลา 7 วัน ในขณะที่การไม่นวดฝักในขั้นตอนการทำให้แห้งต้องใช้เวลานานถึง 13 วัน

สำหรับคะแนนการประเมินคุณภาพของฝักวานิลลาที่นวดและไม่นวดในขั้นตอน slow drying พบว่า หลังปรับสภาพ 3 เดือน คะแนนการประเมินคุณภาพด้านสีในฝักที่นวดและไม่นวดมีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10.87 คะแนน เช่นเดียวกับคะแนนการประเมินคุณภาพด้านความมันวาว การเกิดผลึก กลิ่นรส และคุณภาพฝักโดยรวมของฝักวานิลลาที่นวดและไม่นวด มีคะแนนไม่แตกต่างกัน (ไม่ได้แสดงผล) สอดคล้องกับปริมาณสาร vanillin และสารให้กลิ่นอื่นๆ ทั้งในฝักที่นวดและไม่นวดมีปริมาณสารทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณสาร glucovanillin ในฝักที่ไม่นวดคงเหลือน้อยกว่าฝักที่นวด แต่อย่างไรก็ตามการนวดฝักอาจทำให้ผนังเซลล์พืชเกิดการเสียหายทำให้เอ็นไซม์ β-glucosidase ซึ่งอยู่บริเวณเปลือกฝักสามารถผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยากับสาร glucovanillin ได้ง่ายขึ้น จึงไปกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อย vanillin ได้โดยตรง แต่จากการทดลอง พบว่า ฝักที่ไม่นวดมีปริมาณสาร glucovanillin คงเหลือน้อยกว่าฝักที่นวดในขณะที่มีสาร vanillin เท่ากัน อาจเนื่องมาจากในฝักที่ไม่นวดมีสาร glucovanillin เปลี่ยนไปเป็นสารตัวกลางอื่นๆ

5.1.3 การแปลงขั้นตอนการบ่มฝักวานิลลาแบบดั้งเดิมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ให้เป็นหน่วยวัดทางคณิตศาสตร์

(1) ขั้นตอนการบ่มฝักวานิลลาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง

ขั้นตอนการบ่มฝักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง (ศูนย์ฯ ขุนวาง) ดัดแปลงมาจากวิธีการบ่มแบบเบอร์บรอน (Bourbon) เช่นเดียวกับการบ่มฝักวานิลลาในหลายประเทศที่เป็นผู้ผลิตวานิลลารายใหญ่ของโลกได้แก่ ประเทศมาดากัสการ์ ประเทศอินโดนีเซีย และและหมู่เกาะโคโมโล เป็นต้น เนื่องจากเป็นวิธีการบ่มที่สามารถปฏิบัติได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และทำให้ได้ผลผลิตฝักวานิลลาบ่มที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับในทางการค้า คือ มีปริมาณสารวานิลลิน มากกว่าฝักวานิลลที่บ่มด้วยวิธีการบ่มอื่นประมาณ 2 เท่า (Purseglove and Willium, 1981) ซึ่งจากผลการศึกษาระบุว่า อายุการเก็บเกี่ยวฝักวานิลลาที่เหมาะสม คือมีบริเวณปลายฝักเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นฝักที่มีอายุประมาณ 10-12 เดือนหลังผสมเกสร เนื่องจากสภาพภูมิอากาศบริเวณศูนย์ฯ ขุนวาง มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 20-27 องศาเซลเซียส (บันทึกอุณหภูมิประจำศูนย์ฯ ขุนวาง) ทำให้ฝักวานิลลาสุกช้ากว่า แต่ในต่างประเทศเก็บเกี่ยวฝักวานิลลาที่อายุ 6-9 เดือนหลังผสมเกสร (Kandiannan and Dinesh, 2008) และ

มีสีที่ปลายฝักเป็นสีเหลืองซึ่งเป็นฝักที่เหมาะสมต่อการนำมาทำการบ่ม เนื่องจากมีการสะสมของสาร glucovanllin ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสร้างสารวานิลลินในฝักสูง (Augstburger และคณะ, 2002) ซึ่งการใช้สีเปลือกบริเวณปลายฝักหรือปลายผลถูกใช้เป็นดัชนีบ่งบอกระยะการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ทั่วไป ซึ่งเมื่อผลไม้ยังอ่อนจะมีสีเปลือกที่มีรงควัตถุ (pigment) ที่เป็นสารสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์ เมื่อผลไม้สุกหรือเข้าสู่ระยะชราภาพคลอโรฟิลล์จะสลายตัวไป ทำให้คาโรทีนอยด์ปรากฏให้เห็น เป็นสีเหลือง (ดนัย บุญเกียรติ และ นิธิยา รัตนปนนท์, 2548)

นอกจากนี้ พบว่า ฝักที่เก็บเกี่ยวมานั้น มีการคัดแยกฝักเป็นเกรดต่างๆ ตามความยาวของฝักโดย ฝักเกรด A มีความยาว 15-20 เซนติเมตร เกรด B ยาว 13-15 เซนติเมตร และเกรด C ความยาวประมาณ 10-13 เซ่นติเมตร และเกรด D เป็นฝักที่แตกหัก ซึ่งวิธีการคัดแยกฝักดังกล่าวมีความยาวฝักแตกต่างจากการรายงานของ Purseglove (1981) รายงานว่า ประเทศมาดากัสการ์แบ่งฝักออกเป็น 4 เกรด เช่นกัน ดังตาราง 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบวิธีการคัดเกรดฝักวานิลลาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง [1] และของประเทศมาดากัสการ์ [2]

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง		ประเทศมาดากัสการ์	
เกรดฝัก	ความยาว (เซนติเมตร)	เกรดฝัก	ความยาว (เซนติเมตร)
A	> 15	Extra	20
B	13-15	1st	18
C	10-13	2nd	14
D	ฝักแตกหัก	3rd	< 14

ที่มา: 1. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง (2552)

2. Purseglove (1981)

โดยทั่วไปฝักที่เก็บเกี่ยวมาต้องนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าก่อนนำเข้าสู่กระบวนการบ่ม แต่จากการศึกษาพบว่าทางศูนย์ฯ ขุนวาง ได้เพิ่มเติมการล้างฝักด้วยน้ำมะขามเปียกภายหลังจากล้างฝัก

ด้วยน้ำเปล่า ซึ่งจากการสอบถามจากเจ้าหน้าที่ผู้ชำนาญในการบ่มฝักวานิลลาให้ข้อมูลว่า การล้างฝักด้วยน้ำมะขามเปียกอาจจะช่วยให้ฝักบ่มมีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งจากการทดลองเบื้องต้นสังเกตเห็นได้ว่าฝักวานิลลาหลังจากผ่านขั้นตอนการบ่มที่ล้างด้วยน้ำมะขามเปียกมีความมันวาวและ มีความยืดหยุ่นมากกว่าฝักที่ล้างด้วยน้ำเปล่า ขณะที่ฝักที่ล้างด้วยน้ำเปล่าแล้วนำมาผ่านขั้นตอนการบ่มแล้ว มีลักษณะผิวฝักแห้งและเสียหายได้ง่าย อาจเป็นผลมาจากน้ำมะขามมีคุณสมบัติเป็นกรด (pH 4.8-5.0) (Morton, 1987) เมื่อนำมาล้างฝักอาจทำให้เซลล์ผิวฝักสูญเสียคุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Differentially permeble membrane) ทำให้เอนไซม์ซึ่งอยู่บริเวณผิวฝักสามารถเข้าจับกับสารตั้งต้น glucovanillin ซึ่งอยู่บริเวณเนื้อเยื่อ placenta ซึ่งอยู่บริเวณรอบเมล็ดได้ง่ายขึ้น (Havkin-Frenkel, 2004) ทำให้เกิดการปลดปล่อยสาร vanillin ซึ่งเป็นสารประกอบให้กลิ่นหลักของวานิลลาได้มากขึ้น (Odoux และคณะ, 2003) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sreedhar และคณะ (2007) ทำการทดลองจุ่มฝักวานิลลาในสารละลาย naphthalene acetic acid (NAA) พบว่า ฝักที่จุ่มสาร NAA แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 วัน มีปริมาณสารวานิลลินสูงกว่า ฝักที่ไม่ได้จุ่มสาร NAA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสาร NAA มีบทบาทหลักในการเร่งกระบวนการสุก และการเสื่อมสภาพโดยอาจทำให้ cell wall เกิดการหลวมตัว จึงเร่งการทำงานของเอนไซม์ เช่นเดียวกับการเกิดสภาพกรดที่ผนังเซลล์อาจจะไปเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนผ่านผนังเซลล์ ทำให้โครงสร้างของไขมันที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ เกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้เยื่อหุ้มผนังเซลล์เกิดการขยายตัวเป็นช่องกว้างทำให้สารผ่านเข้าออกผิวฝักง่ายขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักฝักวานิลลาและความชื้นฝักในระหว่างขั้นตอนการบ่ม จากผลการทดลองพบว่า ฝักวานิลลามีน้ำหนักฝักและความชื้นเพิ่มสูงสุดหลังผ่านขั้นตอน killing อาจเนื่องมาจากวิธีการบ่มในขั้นตอน killing เป็นการลวกฝักในน้ำอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที ซึ่งความร้อนมากกว่า 50 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเสียสภาพของโปรตีน หรือไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (David, 2005) จึงเป็นช่องทางให้น้ำผ่านเข้าออกเซลล์ได้ง่าย น้ำที่ใช้ลวกฝักซึ่งมีความเข้มข้นของน้ำบริสุทธิ์สูงกว่าสารละลายภายในเซลล์จึงเกิดแรงดันทำให้น้ำเคลื่อนที่เข้าเซลล์ (สุรพล มนัสเสรี, 2531) จึงส่งผลให้ฝักวานิลลามีน้ำหนักมากและความชื้นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารให้กลิ่นในฝักวานิลลาที่ผ่านการบ่มด้วยวิธีดั้งเดิมภายหลังจากปรับสภาพพบว่า หลังปรับสภาพ 1 เดือนฝักวานิลลาเกรด B มีปริมาณสาร vanillin มากกว่าฝักวานิลลาเกรด A

และเกรด C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ผลตรงข้ามกับการรายงานของ Moorthy และ Moorthy (2008) รายงานว่า ขนาดของฝักมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสาร vanillin กล่าวคือ ถ้าฝักขนาดใหญ่จะมีเมล็ดและเยื่อ placenta ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสร้างสาร glucovanillin (Joel และคณะ, 2003) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสาร vanillin อยู่มาก (Frenkel และ Havkin-Frenkel, 2006)

นอกจากนี้ยังพบว่า ฝักวานิลลาเกรด B มีปริมาณสาร vanillin ลดลงเมื่อระยะเวลาการปรับสภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานกงานวิจัยของ Sreedhar และคณะ (2007) พบว่า ปริมาณสารวานิลลินจะมีปริมาณสูงสุดหลังจากบ่มฝักระยะเวลา 10 วัน และลดลงเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นอาจเป็นเพราะสารบางชนิดอาจเสื่อมสลายไประหว่างการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร glucovanillin กับขนาดของฝักวานิลลาเป็นประเด็นที่น่าสนใจจึงควรมีการศึกษาต่อไป

(2) การแปลงความชำนาญให้เป็นหน่วยวัดทางคณิตศาสตร์

จากผลการศึกษา พบว่า สามารถนำแผ่นเทียบสีในระบบ RGB (www.fikbcampania.it) มาเป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการระบุสีฝักที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวแทนการสังเกตด้วยสายตาได้ทั้งในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและขั้นตอน sweating เนื่องจากในระหว่างที่ทำการทดลองผู้ศึกษาได้นำมาใช้เทียบสีฝักและได้ทดลองให้พนักงานซึ่งเข้ามาทำงานเพิ่มเติมเมื่อมีผลผลิตมาก ปรากฏว่าพนักงานสามารถคัดเลือกฝักที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวได้เช่นเดียวกับพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่มาเป็นเวลานาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระบบสี RGB เป็นระบบสีมาตรฐานที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงินซึ่งเป็นระบบสีที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด ซึ่งมีปัจจัยอยู่ 3 อย่าง คือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตาของคน เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงส่องมาตกกระทบวัตถุมีสีจะสะท้อนเข้าสู่ตา และตาของมนุษย์เราจะไวต่อแม่สีแสง 3 สีคือ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน การมองเห็นของมนุษย์ต่อวัตถุที่มีสีนั้นมองเห็นด้วยตาจะสามารถบ่งบอกลักษณะของวัตถุได้ ดังนั้นถ้าวัตถุที่มีสีหรือฝักวานิลลานั้นมีสีที่สม่ำเสมอและใช้ระบบสีที่เป็นมาตรฐานสากลมาเทียบสีแล้ว การวัดสีจะบอกลักษณะของสีฝักให้เป็นที่เข้าใจในระดับสากลได้ (ภัคนัย ทองทิอัมพร, 2553) แต่มีข้อจำกัดในการใช้คือผู้ใช้ต้องไม่มีภาวะของตาบอดสีและไม่เหมาะสมนำไปใช้ในบริเวณที่มีแสงสว่างมากเกินไป เพราะอาจทำให้ตาพร่ามัวและการระบุสีอาจผิดพลาดได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

นอกจากนี้ ยังพบว่า ความชื้นฝักเป็นหน่วยวัดทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้แทนความชำนาญในการระบุฝักที่เหมาะสมในขั้นตอน sweating ได้ โดยมีความชื้นฝักหลังเสร็จสิ้นขั้นตอน sweating ประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ และ หลังจากผ่านขั้นตอน slow drying มีความชื้นฝัก ประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับความชื้นของฝักวานิลลาที่ผู้ชำนาญเป็นผู้คัดเลือก ซึ่งใช้แทนการม้วนฝักรอบนิ้วมือแล้วสามารถคลี่กลับรูปเดิมได้ โดยฝักไม่แตก แต่มีข้อควรระวัง คืออุณหภูมิในตู้อบที่ใช้ในการหาความชื้นของฝักต้องควบคุมอุณหภูมิให้มีความสม่ำเสมอ และมีข้อจำกัดของการใช้วิธีการวัดความชื้นฝัก คือ มีค่าใช้จ่ายของตู้อบเพิ่มขึ้นและตู้อบจากมีราคาค่อนข้างสูง

5.1.4 ต้นทุนในการบ่มฝักวานิลลา

จากผลการศึกษา พบว่า ต้นทุนในการบ่มฝักด้วยตู้อบลมร้อนในขั้นตอน sweating มีต้นทุนเท่ากับ 3,366.84 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม ซึ่งมีต้นทุนมากกว่าการบ่มฝักวานิลลาแบบดั้งเดิมของศูนย์ฯ ขุนวาง มีต้นทุนเท่ากับ 3,286.66 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม เนื่องจากการบ่มแบบใช้ตู้อบในขั้นตอน sweating มีค่าใช้จ่ายไฟฟ้า 13.20 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม และค่าใช้จ่ายในการซื้อตู้อบ ประมาณ 85.66 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม แต่เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพฝัก พบว่าฝักวานิลลาที่ sweating ด้วยตู้อบมีความชื้นฝักที่ลดลงเร็วกว่าและมีสีฝักที่สม่ำเสมอมากกว่าการตากแดด นอกจากนี้พบว่าฝักที่อบด้วยตู้อบหลังปรับสภาพ 3 เดือนมีปริมาณสาร vanillin มากกว่าฝักที่ตากแดด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำให้ราคาของฝักวานิลลาที่ควรได้รับสูงกว่า ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการสำภาษณ์ส่วนตัว ผู้นำเข้าและส่งออกวานิลลารวมทั้งผู้ใช้วานิลลาในโรงแรม 5 ดาวในเขตกรุงเทพมหานคร ปี 2552 พบว่า ฝักที่มีสีสม่ำเสมอ (ฝักวานิลลาที่อบด้วยตู้อบ) มีราคาเฉลี่ยมากกว่าฝักที่มีสีไม่สม่ำเสมอประมาณ 1,000 บาท (สิริพร สีแดง และคณะ, 2553) อาจเนื่องมาจากฝักที่อบด้วยตู้อบมีสีฝักที่สม่ำเสมอมากกว่าฝักที่ตากแดด ซึ่งสีฝักที่สม่ำเสมอเป็นลักษณะปรากฏที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อฝักวานิลลา (พิทยา สรวมศิริ, 2551) นอกจากนั้นการอบฝักด้วยตู้อบเป็นวิธีที่สามารถปฏิบัติได้โดยไม่ขึ้นกับสภาพอากาศและช่วยทำให้ความชื้นฝักลดลงเร็วกว่าและลดลงได้สม่ำเสมอกว่าการใช้แสงแดด ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ โดยมีจุดคุ้มทุนที่ระยะเวลา 0.2 ปี เมื่อคำนวณกำไร พบว่า การใช้ตู้อบมีกำไรมากกว่าการบ่มแบบดั้งเดิม โดยมีกำไรเท่ากับ 3,134.00 และ 1,713.34 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม ตามลำดับ ดังนั้นการใช้ตู้อบเพื่ออบฝักในขั้นตอน sweating สามารถนำมาทดแทนการใช้แสงแดดได้เป็นอย่างดี

สำหรับการนวดฝักในขั้นตอน slow drying พบว่า การนวดฝักด้วยนิ้วมือมีต้นทุนเท่ากับ 3,286.66 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม สูงกว่าการนวดด้วยไม้และไม่นวดถึง 2 เท่า เนื่องมาจากการนวดฝักด้วยนิ้วมือมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่มาก ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายแรงงานนวดฝัก ถึง 1,815 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม เนื่องจากต้องนวดฝักครั้งละ 1 นาทีต่อฝัก จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายแรงงานสูงประมาณ 1,815.00 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม ในขณะที่การนวดฝักด้วยไม้ มีค่าใช้จ่ายแรงงานนวดฝักเท่ากับ 115.50 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม เนื่องจากสามารถนวดฝักได้ครั้งละ 10 ฝัก จึงทำให้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพฝัก พบว่า การนวดฝักด้วยนิ้วมือ ทำให้ความชื้นของฝักวานิลลาลดลงเร็วกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการไม่นวดฝักประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณสารวานิลลินหลังการปรับสภาพระยะเวลา 3 เดือน พบว่าในฝักที่นวด และไม่นวด มีปริมาณสารไม่แตกต่างกัน ซึ่งจากการประเมินกับราคาของฝักที่นวดและไม่นวด พบว่า มีราคาเท่ากัน คือ ประมาณ 5,000 - 6,000 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นการนวดฝักจึงอาจไม่จำเป็นต้องปฏิบัติในขั้นตอน slow drying ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนค่าแรงงานในการผลิต ลดปัญหาสุขลักษณะในการแปรรูปผลผลิต หรือปัญหาการจัดการกรณีที่มีผลผลิตจำนวนมากขึ้น

5.2 สรุปผลการทดลอง

1. การบ่มฝักวานิลลาด้วยตู้อบลมร้อนในขั้นตอน Sweating ที่ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สามารถทดแทนการใช้แสงแดดได้โดยมีคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ สีฝัก ความชื้น และปริมาณสารให้กลิ่นต่างๆ ที่มีคุณภาพมากกว่าฝักที่ sweating ด้วยแสงแดด โดยผู้บริโภคให้คะแนนการประเมินคุณภาพสีฝัก ความมันวาว คุณภาพกลิ่น มากกว่าฝักที่ตากแดด รวมทั้งคะแนนการเกิดผลึก และคุณภาพฝักโดยรวมไม่แตกต่างกัน

2. การนวดฝักในขั้นตอน slow drying มีผลต่อปริมาณวานิลลินในฝักวานิลลาที่เพิ่มขึ้นหลังปรับสภาพ 3 เดือน

3. สามารถใช้หน่วยวัดทางคณิตศาสตร์มาเป็นเครื่องมืออย่างง่ายสำหรับระบุลักษณะฝักวานิลลาที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนการบ่มได้ดังนี้

ขั้นตอนเก็บเกี่ยวฝัก สามารถใช้ค่า R, G, B ในระบบสีมาตรฐาน ในการระบุสีฝักที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวแทนการสังเกตด้วยสายตาเมื่อปลายฝักวานิลลามีสีเหลือง และสามารถจำแนกเกรดฝักเป็นเกรด A, B และ C ได้ด้วยความยาวของฝักในหน่วยเซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 1 killing สามารถใช้ระยะเวลา ในการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับลวกฝักวานิลลาได้แตกต่างกันตามเกรดของฝัก

ขั้นตอนที่ 2 sweating สามารถใช้ค่า R, G, B ในระบบสีมาตรฐาน ในการระบุการเปลี่ยนแปลงของสีฝัก รวมทั้งใช้น้ำหนักฝักและความชื้นฝัก เพื่อระบุลักษณะฝักที่เหมาะสม แทนการสังเกตด้วยสายตาและการสัมผัสด้วยนิ้วมือก่อนเข้าขั้นตอน slow drying

ขั้นตอนตอนที่ 3 slow drying สามารถใช้ความชื้นฝัก น้ำหนักฝัก และค่า R, G, B ในระบบสีมาตรฐานในการระบุลักษณะฝักที่เหมาะสมแทนการทดสอบฝักแบบดั้งเดิม (ด้วยการพันฝักวานิลลารอบนิ้วแล้วสามารถคลายตัวสู่ลักษณะเดิมโดยไม่แตก) ก่อนเข้าขั้นตอน conditioning

ขั้นตอนที่ 4 conditioning สามารถใช้ค่า R, G, B ในระบบสีมาตรฐาน ความชื้นฝัก เพื่อระบุลักษณะฝักที่เหมาะสมแทนการสังเกตด้วยสายตาก่อนนำไปจำหน่าย

4. ต้นทุนของการบ่มฝักวานิลลาด้วยการใช้ตู้อบเริ่มต้นตั้งแต่เก็บเกี่ยวมีค่าเท่ากับ 3,366.84 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่มซึ่งมากกว่า เปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมมีค่าเท่ากับ 3,286.66 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม ซึ่งคุณภาพของสีฝักสม่ำเสมอมากกว่า ทำให้ราคาผลผลิตที่ได้จากการใช้ตู้อบสูงกว่าวิธีดั้งเดิมเท่ากับ 1,000 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม

5. ต้นทุนของการบ่มฝักวานิลลาด้วยการนวดฝักด้วยนิ้วมือมีค่าเท่ากับ 3,286.66 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม ซึ่งมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการนวดฝักด้วยไม้และไม่นวดฝัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,603.70 และ 1,528.25 บาทต่อกิโลกรัมฝักบ่ม ตามลำดับ โดยคุณภาพของฝักและราคาผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการศึกษาครั้งนี้ ตู้อบสามารถใช้ทดแทนแสงแดดในขั้นตอน sweating ได้ แต่ตู้อบลมร้อนที่ทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ มีขนาดใหญ่เกินไป และมีจำนวนชั้นสำหรับวางฝักน้อย ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงหรือจัดซื้อตู้อบที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ รวมทั้งควรมีอุปกรณ์สำหรับสำรองไฟที่ได้มาตรฐานในกรณีที่ไฟฟ้าดับ เพื่อไม่ให้ผลผลิตเสียหายระหว่างการบ่ม

2. ในการเลือกพื้นที่ในการตากฝักในขั้นตอน sweating ควรเป็นพื้นที่ที่สามารถป้องกันฝุ่นละอองที่จะมาปนเปื้อนผลผลิตและป้องกันความชื้นได้ เพื่อลดการเสียหายของผลผลิต ซึ่งทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ผึ่งฝักภายในโรงเรือนไม้ดอก ซึ่งมีลักษณะเป็นโรงเรือนปิด เป็นการใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่า แต่ในอนาคตควรมีโรงตากหรือบ่มฝักแยกเฉพาะ เพื่อให้ถูกสุขลักษณะในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร

3. ในการทดสอบการนวดฝักวานิลลาในขั้นตอน slow drying พบว่าฝักวานิลลาที่ผ่านการนวดฝักและไม่นวดฝัก มีปริมาณสารวานิลลินไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าฝักที่ผ่านการนวดฝัก มีปริมาณสารวานิลลินมากกว่าฝักวานิลลาที่ไม่นวดเล็กน้อย ดังนั้นควรมีการทดลองซ้ำในอนาคตเพื่อยืนยันผลที่แน่ชัดต่อไป

4. การบ่มฝักวานิลลาแต่ละเกรด หรือความยาวฝักที่แตกต่างกัน ในขั้นตอน sweating พบความเสียหายของฝักเกรด C จำนวนมาก เนื่องจากบางครั้งมีผู้ช่วยซึ่งเป็นลูกจ้างที่ยังไม่มีประสบการณ์ หรือขาดความชำนาญในการคัดเลือกฝักที่เหมาะสมเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป จึงคัดแยกฝักพร้อมกับฝักเกรด A และ B ซึ่งขณะนั้นฝักเกรด C มีลักษณะที่แห้งเกินไป ดังนั้นในขั้นตอน sweating ควรมีการคัดแยกฝักเกรด C ก่อนการเก็บฝักเกรดอื่น