



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ “ปริมาณสารพิษตกค้างในทุเรียน มังคุด
และสับปะรดแช่เยือกแข็ง”

โดย ผศ.ดร.พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และคณะ

เดือน มกราคม ปี 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ “ปริมาณสารพิษเคมีในทุเรียน มังคุด
และสับปะรดแช่เยือกแข็ง”

คณะผู้จัดทำ	สังกัด
ผศ.ดร. พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร. สายลม สัมพันธ์เวชโสภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว)

บทสรุปสำหรับคณะกรรมการบริหารโครงการ Executive Summary

มังคุด ทูเรียน และสับปะรด จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ที่นำเงินตราเข้าประเทศ และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่ด้วยข้อจำกัดในการส่งออกผลไม้เหล่านี้คือ การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่สามารถส่งไปตลาดต่างประเทศที่ห่างไกลได้ ตลอดจนการปนเปื้อนของโรคและแมลงศัตรูพืชที่ติดไปกับผลิตผลสดก็เป็นอุปสรรคสำคัญของการส่งออกอีกด้วย ดังนั้นการแปรรูปเป็นผลไม้แช่เยือกแข็งจึงเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดข้อจำกัดและอุปสรรคเหล่านี้ ซึ่งการแปรรูปผลไม้แช่เยือกแข็งนอกจากจะช่วยลดปริมาณผลิตผลที่ออกมาจากจนล้นตลาดได้แล้ว ยังสามารถนำผลไม้ที่มีตำหนิ (เกรดรอง) ที่ไม่สามารถนำจำหน่ายในรูปผลสดมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าและสามารถส่งไปจำหน่ายในประเทศที่ห่างไกลได้ แต่ในการทำผลไม้แช่เยือกแข็งจำเป็นต้องมีกระบวนการปก ดัดแต่ง หั่น และการแช่เยือกแข็ง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในผลไม้ ตลอดจนระยะเวลาในการเก็บรักษาผลไม้แช่เยือกแข็งที่นานขึ้น (เพื่อการจำหน่าย) อาจมีผลกระทบต่อปริมาณสารพฤกษเคมี ต่างๆ ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ในปัจจุบันผู้คนได้ให้ความสนใจกับอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น ซึ่งผักและผลไม้เป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่สำคัญหลายชนิด โดยมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) และสารเสริมภูมิคุ้มกันโรคต่างๆ นอกจากนี้ยังมีผู้กล่าวว่าบางครั้งผลไม้แช่แข็งมีประโยชน์กว่าผลไม้สด เนื่องจากผลไม้สดกว่าจะมาถึงผู้บริโภคก็อาจสูญเสียวิตามินไปในระหว่างการขนส่ง แต่ผลไม้แช่แข็งมักมีคุณค่าทางอาหารอยู่ครบถ้วน

ดังนั้นการศึกษารังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงผลของการดัดแต่ง และการแช่เยือกแข็งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในผลไม้ไทย 3 ชนิด (มังคุด ทูเรียน และสับปะรด) โดยเปรียบเทียบปริมาณสารพฤกษเคมีของผลไม้ที่ผ่านการดัดแต่งและผลไม้แช่เยือกแข็งกับผลไม้ผลสด และศึกษาผลของภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทูเรียน มังคุด สับปะรดแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประชาสัมพันธ์และในการทำการตลาดผลไม้แช่เยือกแข็งของไทย อันจะนำมาสู่การขยายตลาดการส่งออกผลไม้แช่แข็งไปยังตลาดต่างประเทศ รวมทั้งยังเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้เพื่อสุขภาพ โดยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1. ศึกษาผลของกระบวนการดัดแต่งและแช่เยือกแข็งต่อปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทูเรียน มังคุด และสับปะรด โดยสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ สารอัลฟาโทโคเฟอรอล (วิตามินอี; alpha-tocopherol) เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic acid) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ปริมาณไขมัน (Triglyceride) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) วิตามินเอ และวิตามินซี ในตัวอย่างทูเรียนและมังคุดที่เก็บเกี่ยวจากภาคใต้และภาคตะวันออก โดยตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์คือ ตัวอย่างจากผลสด (fresh) ผลตัดแต่งหั่นชิ้น (fresh cut) และผลหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง (frozen) สำหรับสับปะรด ทำการเก็บตัวอย่างจาก ผลสด (fresh) ผลปอกเปลือกตัดแต่ง (fresh cut) ชิ้นตัดแต่งผ่านการลวก (Blanching) และชิ้นตัดแต่งผ่านการลวกนำไปแช่แข็ง (frozen)

การทดลองที่ 2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญใน ทูเรียน มังคุด สับปะรดแช่เยือกแข็ง ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (ถุงพลาสติก PE และถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ VAC) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1. ศึกษาผลของกระบวนการตัดแต่งและแช่เยือกแข็งต่อปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทุเรียน มังคุด และสับปะรด

1.1 *ทุเรียน – ทุเรียนจากภาคใต้* พบว่าการตัดแต่งมีผลทำให้มีปริมาณเบต้าแคโรทีน กรดไขมันอิสระ สารประกอบฟีนอลิก กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณวิตามินซี และ Triglyceride ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลสดที่ไม่ได้ตัดแต่ง ส่วนกระบวนการแช่เยือกแข็งมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี และ Triglyceride ลดลง อย่างไรก็ตามกระบวนการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ สำหรับทุเรียนจากภาคตะวันออกพบว่ากระบวนการปอกเปลือกและตัดแต่งหั่นชิ้นทำให้ทุเรียนมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เมื่อเปรียบเทียบกับผลสด สำหรับกระบวนการแช่เยือกแข็งนั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินอี สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ แต่ทำให้ปริมาณวิตามินซี และ Triglyceride ลดลง

ปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญของทุเรียนจากภาคใต้และภาคตะวันออก จะมีปริมาณวิตามินอี อยู่ในช่วงระหว่าง 0.21-1.49 mg/100g FW ฟลาโวนอยด์ 0.16-0.40 mg/100g FW เบต้าแคโรทีน 8.17-29.89 µg/100g FW สารประกอบฟีนอลิก 41.76-59.82 mg GAE/g FW วิตามินซี 5.85-20.0 mg/g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 461.88-834.37 µmol Trolox equiv./g และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 13.20-53.81 µmol Trolox equiv./g เมื่อทำการการเปรียบเทียบปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญของทุเรียนจากภาคใต้และภาคตะวันออก พบว่าปริมาณของสารสำคัญในทุเรียนที่ปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกันจะมีปริมาณสารสำคัญไม่เท่ากัน โดยพบว่าทุเรียนผลสดจากภาคใต้มีปริมาณวิตามินอี เบต้าแคโรทีน วิตามินซี มากกว่าผลสดจากภาคตะวันออก แต่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก ไขมัน กรดไขมันอิสระ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP น้อยกว่าทุเรียนจากภาคตะวันออก

1.2 *มังคุด – มังคุดจากภาคใต้* พบว่ากระบวนการตัดแต่งทำให้ปริมาณวิตามินอีและฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น แต่สารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลสด สำหรับกระบวนการแช่เยือกแข็งมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกลดลง แต่มีปริมาณวิตามินซีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด ส่วนมังคุดภาคตะวันออก พบว่ามังคุดผลสด มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งและมังคุดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมังคุดที่ปอกเปลือกตัดแต่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ามังคุดผลสดและมังคุดแช่เยือกแข็ง และพบว่ามังคุดทั้งจากภาคใต้และภาคตะวันออกมีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัมและมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

ปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญของมังคุดจากภาคใต้และภาคตะวันออก พบว่ามีปริมาณวิตามินอีอยู่ในช่วงระหว่าง 0.05-0.76 mg/100g FW ฟลาโวนอยด์ 0.15-0.29 mg/100g FW สารประกอบฟีนอลิก 37.59-51.69 mg GAE/g FW วิตามินซี 1.25-2.22 mg/g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 568.88-1,142.28 µmol Trolox equiv./g และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 16.99-24.88 µmol Trolox equiv./g โดยมังคุดผลสดจากภาคใต้ มีปริมาณวิตามินอี ฟลาโวนอยด์ มากกว่ามังคุดจากภาคตะวันออก แต่มีปริมาณฟีนอลิก วิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP น้อยกว่ามังคุดจากภาคตะวันออก

1.3 *สับปะรด* พบว่ากระบวนการตัดแต่ง การลวก และการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ และเบต้าแคโรทีนเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดผลสด แต่พบว่ากระบวนการเหล่านี้มีผล

ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ลดลง ปริมาณวิตามินอีในสับปะรดทุกชุดการทดลองมีปริมาณน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัมและมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

ปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญของสับปะรด พบว่ามีฟลาโวนอยด์ 0.50-0.67 mg/100g FW เบต้าแคโรทีน 38.27-45.01 $\mu\text{g}/100 \text{ g FW}$ สารประกอบฟีนอลิก 33.89-39.93 mg GAE/g FW วิตามินซี 3.91-6.38 mg/g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 462.96-637.91 $\mu\text{molTrolox equiv./g}$ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 12.63-13.94 $\mu\text{molTrolox equiv./g}$

การทดลองที่ 2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญใน ทูเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง ในถุงพลาสติก PE และถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 12 เดือน

2.1 *ทูเรียนจากภาคใต้* ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาในถุง PE หรือถุง VAC มีปริมาณ ฟลาโวนอยด์ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณวิตามินอี Triglyceride กรดไขมันอิสระ วิตามินซี และเบต้าแคโรทีนลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญเหล่านี้ในทูเรียนที่บรรจุในถุง PE มีค่าไม่แตกต่างจากถุง VAC แต่พบว่าทูเรียนภาคใต้แช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่า และมีปริมาณวิตามินซี เบต้าแคโรทีนสูงกว่าทูเรียนที่เก็บในถุง PE เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 เดือน อย่างไรก็ตามพบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษา

2.2 *ทูเรียนจากภาคตะวันออก* ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาในถุง PE และในถุง VAC มีปริมาณวิตามินอี และ Triglyceride เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แต่ปริมาณกรดไขมันอิสระ ปริมาณวิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญเหล่านี้ในทูเรียนที่เก็บในถุง PE มีปริมาณไม่แตกต่างจากทูเรียนที่เก็บในถุง VAC นอกจากนี้พบว่า เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 เดือน ทูเรียนแช่แข็งที่เก็บใน VAC มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าถุง PE ทั้งนี้การเก็บรักษาในถุง PE หรือถุง VAC ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์

2.3 *มังคุดจากภาคใต้* ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาในถุง PE และ VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เพิ่มขึ้นเมื่อที่เก็บรักษานานขึ้น แต่ปริมาณวิตามินอีและวิตามินซีของมังคุดแช่แข็งลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยปริมาณสารออกฤทธิ์นี้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างถุง PE และ VAC การเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุงทั้งสองชนิดไม่มีผลช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในระหว่างการเก็บรักษานาน 6 เดือน แต่หากเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือน หรือ 1 ปี ควรเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE ช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าถุง VAC

2.4 *มังคุดภาคตะวันออก* ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาในถุง PE และ VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือนขึ้นไป โดยชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี ในขณะที่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา

2.5 สับปะรดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาในถุง PE และ VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น โดยสับปะรดที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าการเก็บในถุง PE และสับปะรดที่เก็บในถุง PE และ VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยปริมาณสารสำคัญเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสับปะรดที่เก็บในถุง PE และ VAC แต่พบว่าการเก็บในถุง VAC ทำให้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุง PE

กระบวนการตัดแต่งและกระบวนการแช่แข็งส่งผลให้ปริมาณสารพฤษเคมีในทุเรียนเพิ่มสูงขึ้น แต่ในมังคุดพบว่าสารสำคัญบางชนิดมีปริมาณลดลงเล็กน้อยแต่ไม่ส่งผลต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และสับปะรดพบว่าปริมาณสารพฤษเคมีมีปริมาณลดลงเล็กน้อยในระหว่างกระบวนการผลิตผลไม้แช่เยือกแข็งแต่ไม่ส่งผลต่อการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้ผลไม้ที่มาจากแหล่งปลูกที่ต่างกันจะมีปริมาณสารสำคัญที่ต่างกัน รวมถึงปัจจัยแวดล้อมต่างกัน เช่น วัช ความบริสุทธิ์ ระยะเก็บเกี่ยว ย่อมส่งผลต่อปริมาณสารพฤษเคมีในผลผลิตนั้นๆ นอกจากนี้การเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 1 ปีของทุเรียนในถุง VAC สภาพสุญญากาศนั้นมีปริมาณสารสำคัญบางชนิดเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่มังคุดและสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญไม่แตกต่างจากถุง VAC ในระหว่างการเก็บรักษา

โครงการ (ภาษาไทย) ปริมาณสารพฤกษเคมีในทุเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง
(ภาษาอังกฤษ) Phytochemicals in Frozen Durian, Mangosteen and Pineapple

บทคัดย่อ

การทำผลไม้แช่เยือกแข็งจำเป็นต้องมีกระบวนการปอก ตัดแต่ง หั่น และการแช่เยือกแข็ง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในผลไม้ตลอดจนระยะเวลาในการเก็บรักษาผลไม้แช่เยือกแข็งที่นานขึ้น อาจมีผลกระทบต่อปริมาณสารพฤกษเคมีต่างๆ ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงผลของการตัดแต่ง และการแช่เยือกแข็งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในผลไม้ไทย 3 ชนิด (มังคุด ทุเรียน และสับปะรด) โดยเปรียบเทียบปริมาณสารพฤกษเคมีของผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งและผลไม้แช่เยือกแข็งกับผลไม้ผลสด และศึกษาผลของภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประชาสัมพันธ์และในการทำการตลาดผลไม้แช่เยือกแข็งของไทย อันจะนำมาสู่การขยายตลาดการส่งออกผลไม้แช่แข็งไปยังตลาดต่างประเทศ รวมทั้งยังเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้เพื่อสุขภาพ โดยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลของกระบวนการตัดแต่งและการแช่เยือกแข็งต่อปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในผลไม้ โดยสารพฤกษเคมีสำคัญที่ศึกษา ได้แก่ สารอัลฟาโทโคเฟอรอล (วิตามินอี; α -tocopherol) เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic acid) วิตามินซี (ascorbic acid) วิตามินเอ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ปริมาณไขมัน (Triglyceride) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid)

ทุเรียน -ทำการเก็บตัวอย่างทุเรียนจากภาคใต้และภาคตะวันออกมาวิเคราะห์สารสำคัญ โดยเก็บตัวอย่างเนื้อทุเรียนจากผลสด (fresh) ผลตัดแต่งหั่นชิ้น (fresh cut) และผลหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง (frozen) มาวิเคราะห์ทางเคมี ผลการศึกษาใน *ทุเรียนจากภาคใต้* พบว่า - การตัดแต่งหั่นชิ้นมีผลทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณกรดไขมันอิสระ สารประกอบฟีนอลิก กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAPเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับผลสด แต่การตัดแต่งหั่นชิ้นมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซี และปริมาณ Triglyceride ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลสด ส่วนกระบวนการแช่เยือกแข็งมีผลทำให้ปริมาณวิตามินอีเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณวิตามินซี และปริมาณ Triglyceride ลดลง นอกจากนี้พบว่า การแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ของทุเรียนจากภาคใต้ สำหรับ *ทุเรียนจากภาคตะวันออก* -พบว่ากระบวนการปอกเปลือกและตัดแต่งหั่นชิ้นทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และพบว่ากระบวนการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินอี สารประกอบฟีนอลิก กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระFRAP แต่มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซี และ Triglyceride ลดลงเมื่อเทียบกับผลทุเรียนสด

ปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญของทุเรียนจากภาคใต้และภาคตะวันออก จะมีปริมาณวิตามินอีอยู่ในช่วงระหว่าง 0.21-1.49mg/100g FW ปริมาณฟลาโวนอยด์ 0.16-0.40 mg/100g FW ปริมาณเบต้าแคโรทีน 8.17-29.89 μ g/100g FW สารประกอบฟีนอลิก 41.76-59.82 mg GAE/g FW วิตามินซี 5.85-20.0 mg/g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระDPPH 461.88-834.37 μ mol Trolox equiv./g และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 13.20-53.81 μ mol Trolox equiv./g เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณสารพฤกษเคมี

ที่สำคัญของทุเรียนจากภาคใต้และภาคตะวันออก พบว่าทุเรียนผลสดจากภาคใต้มีปริมาณวิตามินอี เบต้าแคโรทีน วิตามินซี มากกว่าผลสดจากภาคตะวันออก แต่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก ปริมาณไขมัน กรดไขมันอิสระ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP น้อยกว่าทุเรียนจากภาคตะวันออก กระบวนการตัดแต่งและแช่เยือกแข็งมีผลทำให้ทุเรียนมีสารฟลักซ์เคมีเพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลทุเรียนสดที่ไม่ได้ตัดแต่งและทำแช่เยือกแข็ง ยกเว้นปริมาณวิตามินซีที่ลดลงหลังจากการตัดแต่งหั่นชิ้นและการทำแช่เยือกแข็ง

มังคุด - ทำการเก็บตัวอย่างมังคุดจากภาคใต้และภาคตะวันออก นำมาวิเคราะห์สารสำคัญในผลสด (fresh) ผลตัดแต่งหั่นชิ้น (fresh cut) และผลหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง (frozen) ผลการศึกษาใน **มังคุดจากภาคใต้** - พบว่ากระบวนการตัดแต่งทำให้ปริมาณวิตามินอีและฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น สารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับมังคุดผลสด ส่วนกระบวนการแช่เยือกแข็งมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกลดลง นอกจากนี้พบว่ามังคุดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินซีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ มังคุดตัดแต่งและผลสด ตามลำดับ ส่วน**มังคุดภาคตะวันออก** - พบว่ากระบวนการปอกเปลือกตัดแต่ง และกระบวนการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เมื่อเปรียบเทียบกับผลมังคุดสดแต่พบว่ากระบวนการปอกเปลือกตัดแต่งทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ามังคุดผลสดและมังคุดแช่เยือกแข็ง

ปริมาณสารฟลักซ์เคมีที่สำคัญของมังคุดจากภาคใต้และภาคตะวันออก พบว่ามีปริมาณวิตามินอีอยู่ในช่วงระหว่าง 0.05-0.76 mg/100g FW ฟลาโวนอยด์ 0.15-0.29 mg/100g FW สารประกอบฟีนอลิก 37.59-51.69 mg GAE/g FW วิตามินซี 1.25-2.22 mg/g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 568.88-1142.28 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 16.99-24.88 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$ โดยมังคุดผลสดจากภาคใต้ มีปริมาณวิตามินอี ฟลาโวนอยด์มากกว่ามังคุดจากภาคตะวันออก แต่มีปริมาณฟีนอลิก วิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP น้อยกว่ามังคุดจากภาคตะวันออก

สับปะรด - ทำการเก็บตัวอย่างจาก ผลสด (fresh) ผลปอกเปลือกตัดแต่ง (fresh cut) สับปะรดตัดแต่งผ่านการลวก (Blanching) และสับปะรดตัดแต่งผ่านการลวกแล้วนำไปแช่เยือกแข็ง (frozen) นำมาวิเคราะห์สารสำคัญ พบว่าสับปะรดที่ผ่านการปอกเปลือกตัดแต่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ลดลงเมื่อผ่านกระบวนการลวก และลดลงอย่างมากเมื่อผ่านการแช่เยือกแข็ง ยกเว้นปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้กระบวนการตัดแต่ง การลวก และการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินอีในสับปะรดทุกชุดการทดลอง มีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม และมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม ปริมาณสารฟลักซ์เคมีที่สำคัญของสับปะรด พบว่ามีฟลาโวนอยด์ 0.50-0.67 mg/100g FW เบต้าแคโรทีน 38.27-45.01 $\mu\text{g/100 g FW}$ สารประกอบฟีนอลิก 33.89-39.93 mg GAE/g FW วิตามินซี 3.91-6.38 mg/g FW กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 462.96-637.91 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 12.63-13.94 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฟลักซ์เคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

ทุเรียน -ทำการบรรจุทุเรียนแช่เยือกแข็งในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และถุงพลาสติกในสภาพสุญญากาศ (Vacuum) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน ผลการศึกษาใน - **ทุเรียนจากภาคใต้** - พบว่า ปริมาณวิตามินอี ปริมาณ Triglyceride กรดไขมันอิสระ วิตามินซี และเบต้าแคโร

พืชนของทุเรียนที่บรรจุในถุง PE และถุง VAC ลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น และพบว่าปริมาณสารสำคัญในทุเรียนที่บรรจุในถุง PE ไม่แตกต่างกับถุง VAC แต่ทุเรียนในถุง VAC มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าถุง PE และมีปริมาณวิตามินซี เบต้าแคโรทีนสูงกว่าถุง PE ทุเรียนที่เก็บรักษาในถุง PE หรือถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับทุเรียนจากภาคตะวันออก ที่เก็บรักษาในถุง PE และในถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีและปริมาณ Triglyceride เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แต่ปริมาณกรดไขมันอิสระ ปริมาณวิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญเหล่านี้ของทุเรียนที่เก็บในถุง PE ไม่แตกต่างจากถุง VAC นอกจากนี้ พบว่าทุเรียนที่เก็บใน VAC มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าถุง PE เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 เดือน ทั้งนี้การเก็บรักษาในถุง PE หรือถุง VAC ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เมื่อเก็บรักษานานขึ้น

มังคุด - สำหรับมังคุดจากภาคใต้ที่เก็บรักษาในถุง PE และ VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่มีปริมาณวิตามินซี วิตามินอี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงตามอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้พบว่าปริมาณสารสำคัญของมังคุดที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หากเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือน หรือ 1 ปี ควรเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE จะช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าถุง VAC ส่วน **มังคุดภาคตะวันออก** ที่เก็บในถุง PE และ VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือนขึ้นไป โดยชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุมังคุดแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี มังคุดแช่แข็งสามารถเก็บรักษาในถุง PE โดยมีปริมาณสารสำคัญไม่แตกต่างจากถุง VAC

สับปะรด-สับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และ VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณสารออกฤทธิ์เหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด การเก็บรักษาสับปะรดแช่เยือกแข็งในถุง VAC จะมีปริมาณฟลาโวนอยด์และเบต้าแคโรทีนสูงกว่าการเก็บในถุง PE

คำสำคัญ: ทุเรียน, มังคุด, สับปะรด, วิตามินอี, วิตามินซี, ฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, ฟีนอลิก, ไขมัน, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Processing steps of frozen fruit include preparation of the raw material such as trimming, cutting and peeling followed by freezing step. These processes may effect on nutrition and bioactive compound in fruit. Moreover, long term storage also may effect on nutrition and bioactive compound as well. The purpose of this research is to gain the scientific data of effect of preparation step and freezing step on bioactive compound changes in durian, mangosteen and pineapple. Bioactive compounds of fresh, fresh-cut and frozen durian, mangosteen, pineapple was investigated. Effect of packaging and storage time on bioactive compounds changes in frozen durian, mangosteen and pineapple was also studied. The advantage of this information is useful to market expansion and promote healthy fruit. The experiments were done as following;

Experiment 1: effect of preparation and freezing process on bioactive compound in fruit was investigated. Bioactive compound includes vitamin E (α -tocopherol), β -carotene, flavonoids, phenolic, ascorbic acid, vitamin A content and antioxidant activity of DPPH radical and FRAP radical, fat, triglyceride and fatty acid.

Durian – Durian were collected from the south and east of Thailand. Fresh, fresh-cut and frozen durian were sampling to measure bioactive compound. The results of *Durian (The south)* showed that increasing of β -carotene, free fatty acid and phenolic content, antioxidant activity of DPPH radical and antioxidant activity of FRAP radical were found in fresh-cut durian when compared with fresh durian. Reducing of vitamin C, triglyceride of fresh-cut durian was also observed when compared with fresh durian. Freezing process effected on increasing of vitamin E and reducing in phenolic, vitamin C and triglyceride. Freezing process of durian produced from the south had no effect on flavonoid content. The results of *Durian (the east)* revealed that fresh-cut process effected on increasing of β -carotene but had no effect on phenolic content and antioxidant activity of DPPH radical. Freezing process of durian produced from the east had no effect on flavonoid, vitamin E, phenolic content and antioxidant activity of DPPH radical and antioxidant activity of FRAP radical. Moreover, decreasing of vitamin C and triglyceride was observed in this sample.

Bioactive compound of durian (the south and the east) contained 0.211.49 mg/100 g of vitamin E, 8.17-29.89 μ g/100g FW of β -carotene, 5.85-20.0 mg/g FW of vitamin C, 0.16-0.40 mg/100g FW of flavonoid, 41.76-59.82 mg GAE/g FW of phenolic, antioxidant activity of DPPH radical as 461.88-834.37 μ molTrolox equiv./g and antioxidant activity of FRAP radical as 13.20-53.81 μ molTrolox equiv./g. Comparison of bioactive compound of durian from the south and the east of Thailand revealed that Durian from the south contained higher vitamin E, β -carotene, vitamin C than fresh durian from the east. On the other hand, flavonoids, phenolic, fat, free fatty acid contents, antioxidant activity of DPPH radical and antioxidant activity of FRAP radical of fresh durian from the south were less than fresh durian from the

east. Fresh-cut process and freezing process increased bioactive compound and antioxidant activity except vitamin C when compared with fresh durian and frozen durian.

Mangosteen - mangosteen were collected from the south and east of Thailand. Fresh, fresh-cut and frozen mangosteen were sampling to measure bioactive compound. The results of *mangosteen (The south)* showed that Fresh-cut process affected on increasing of vitamin E, flavonoid and decreasing of phenolic when compared with fresh mangosteen. Freezing process decreased phenolic content and increased vitamin C and antioxidant activity of DPPH radical when compared with fresh-cut and fresh mangosteen. The results of *mangosteen (The east)* presented that Fresh, fresh-cut and frozen process of mangosteen had no effect on flavonoid, vitamin C content and antioxidant activity of FRAP radical. Fresh cut mangosteen contained phenolic and antioxidant activity lower than fresh and frozen mangosteen.

Bioactive compound of mangosteen (the south and the east) contained 0.05-0.76 mg/100 g of vitamin E, 1.25-2.22 mg/g FW of vitamin C, 0.15-0.29mg/100g FW of flavonoid, 37.59-51.69mg GAE/g FW of phenolic, antioxidant activity of DPPH radical as 568.88-1142.28 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$ and antioxidant activity of FRAP radical as 16.99-24.88 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$. Comparison of bioactive compound of mangosteen from the south and the east revealed that fresh mangosteen from the south showed vitamin E, flavonoids higher than mangosteen from the east. Moreover, phenolic, vitamin C and antioxidant activity of DPPH radical of south durian was less than mangosteen from the east.

Pineapple - Fresh, fresh-cut, blanching and frozen pineapple were sampled to measure bioactive compound. Fresh-cut, blanching and frozen processing of pineapple had no effect on flavonoid and β -carotene but decreased in phenolic, vitamin C and antioxidant activity of DPPH radical and FRAP radical. These bioactive compounds were gradually reduced after blanching and freezing process except β -carotene. Fresh-cut, blanching and freezing process had no effect on flavonoid content. Vitamin E of pineapple in all samples showed less than 0.05 mg/100g FW and less than 7 $\mu\text{g}/100\text{g FW}$ of vitamin A.

Bioactive compound of pineapple contained 3.91-6.38 mg/g FW of vitamin C, 0.50-0.67mg/100g FW of flavonoid, 38.27-45.01 $\mu\text{g}/100\text{g FW}$ of β -carotene, 33.89-39.93mg GAE/g FW of phenolic, antioxidant activity of DPPH radical as 462.96-637.91 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$ and antioxidant activity of FRAP radical as 12.63-13.94 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$.

Experiment 2: Bioactive compound in frozen fruit kept in various packaging for long term storage for 12 month was investigated.

Durian-Frozen durian was packed in sealed polyethylene bag (PE) and vacuum bag (VAC) stored at -20°C for 0 6 and 12 month. The results of *durian (the south)* showed that vitamin E, triglyceride, free fatty acid, vitamin C and β -carotene of durian kept in PE bag was reduced along with storage time. No significant different of bioactive compound was found in durian kept in PE and VAC bag. Frozen durian kept in VAC bag had lower free fatty acid

and higher vitamin C, β -carotene than PE bag sample. Both sample of PE and VAC bag showed increasing of flavonoid, antioxidant activity of DPPH and FRAP and remaining of phenolic content during 12 month. Increasing of vitamin E and triglyceride was found in *Durian (the east)* kept in both packaging. After 6 month of storage, β -carotene was increased and free fatty acid, vitamin C, antioxidant activity of DPPH and FRAP was decreased in sample kept in both packaging. No significant different of those bioactive compounds was found between PE and VAC packaging. Frozen durian kept in VAC bag had lower free fatty acid than PE bag during storage.

Mangosteen–Frozen mangosteen (the south) kept in PE and VAC bag had higher of flavonoid, phenolic and antioxidant activity of FRAP radical but had lower of vitamin C, vitamin E and antioxidant activity of DPPH. No significant different of bioactive compound was found in durian kept in both PE and VAC bag. VAC packaging maintained antioxidant activity better than PE bag for long term storage. *Mangosteen (the east)* kept in PE and VAC bag showed decreasing of flavonoid and antioxidant activity of DPPH. No significant different of flavonoid, phenolic, antioxidant activity and vitamin C of mangosteen kept in both PE and VAC bag was found.

Pineapple –Frozen pineapple kept in VAC bag had higher flavonoid and β -carotene than PE bag during storage. No significant different of phenolic, vitamin C, antioxidant activity of DPPH radical in both PE and VAC bag was observed. Those bioactive compounds were gradually decreased in both packaging during storage.

Keywords: Durian, mangosteen, pineapple, vitamin E, vitamin C, flavonoid, β -carotene, phenolic, fat, antioxidant activity

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ซ
สารบัญ	ฅ
รายการตาราง	ฅ
รายการรูปภาพประกอบ	ด
บทนำ	1
บททวนเอกสารเชิงสังเคราะห์	2
วัตถุประสงค์	5
ระเบียบวิธีวิจัย	5
ผลการทดลอง	11
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกระบวนการตัดแต่งและ แช่เยือกแข็งต่อปริมาณของสารพฤษเคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรด	11
การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ สารพฤษเคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรด แช่เยือกแข็ง ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆในระหว่างการ เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน	38
วิจารณ์การทดลอง	80
สรุปผลการทดลอง	86
เอกสารอ้างอิง	89
ตารางภาคผนวก	96
ผลงานเผยแพร่ ตีพิมพ์	118

รายการตาราง

ตาราง ที่	ชื่อ	หน้า
1	ปริมาณวิตามินเอของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ในทุเรียนผลสด ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และทุเรียนแช่เยือกแข็ง	15
2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ในทุเรียนผลสด ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และทุเรียนแช่เยือกแข็ง	15
3	การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี, ฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในทุเรียนผลสด ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่ง และทุเรียนแช่เยือกแข็งจากภาคใต้	16
4	ปริมาณวิตามินเอ ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ในทุเรียนผลสด ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และทุเรียนแช่เยือกแข็ง	21
5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ในทุเรียนผลสด ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และทุเรียนแช่เยือกแข็ง	21
6	การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี, ฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในทุเรียนผลสด ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่ง และทุเรียนแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก	22
7	ปริมาณวิตามินเอของมังคุดจากภาคใต้	26
8	การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี, ฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในมังคุดสดตัดแต่ง และแช่เยือกแข็งจากภาคใต้	26
9	ปริมาณวิตามินอีของมังคุดจากภาคตะวันออก	30
10	ปริมาณวิตามินเอของมังคุดจากภาคตะวันออก	30
11	การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี, ฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในมังคุดสดตัดแต่ง และแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก	31
12	ปริมาณวิตามินอีของสับปะรดตราดสีทอง	36
13	ปริมาณวิตามินเอของสับปะรดตราดสีทอง	36
14	การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี, ฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในสับปะรด	37
15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอของทุเรียนจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	45
16	ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน และองค์ประกอบของไขมันของทุเรียนจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	47

ตาราง ที่	ชื่อ	หน้า
17	ปริมาณวิตามินเอของทุเรียนจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	55
18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและองค์ประกอบของไขมันของทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	57
19	ปริมาณวิตามินอีของมังคุดจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	63
20	ปริมาณวิตามินเอของมังคุดจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	64
21	ปริมาณวิตามินอีของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	70
22	ปริมาณวิตามินเอของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	71
23	ปริมาณวิตามินอี (α -Tocopherol) ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน	79
24	การเปลี่ยนแปลงวิตามินเอ (Vitamin A) ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน	79

[illegible]

ตาราง ภาคผนวกที่		หน้า
31	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสับปะรดตราดสีทองจากภาคตะวันออกเฉียงใต้ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 เดือน	112
21	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของสับปะรดตราดสีทองจากภาคตะวันออกเฉียงใต้ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 เดือน	112

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (ก) ฟลาโวนอยด์ (ข) ฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) เบต้าแคโรทีน (จ) สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ฉ) และสารต้านอนุมูลอิสระ FRAP (ช) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ในทุเรียนผลสด, ปอกเปลือกตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง	14
2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (ก) ฟลาโวนอยด์ (ข) ฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) เบต้าแคโรทีน (จ) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ฉ) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (ช) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ในทุเรียนผลสด, ปอกเปลือกตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง	19-20
3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (ก) ฟลาโวนอยด์ (ข) ฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (จ) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ฉ) ของมังคุดจากภาคใต้ ในทุเรียนผลสด, ปอกเปลือกตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง	24-25
4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (ก) ฟีนอลิก (ข) วิตามินซี (ค) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ง) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (จ) ของมังคุดจากภาคตะวันออก ในมังคุดผลสด, ปอกเปลือกตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง	28-29
5	ปริมาณฟลาโวนอยด์ (ก) เบต้าแคโรทีน (ข) สารประกอบฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (จ) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (ฉ) ในสับปะรดผลสด, สับปะรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น, สับปะรดตัดแต่งผ่านการลวกและแช่เยือกแข็ง	34-35
6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	39
7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	39
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	41
9	การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิก ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	41
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	43
11	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	43

รูป		หน้า
26	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	66
27	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	68
28	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	68
29	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	70
30	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	73
31	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	73
32	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	75
33	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	75
34	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	77
35	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน	77

Introduction

บทนำ

มังคุด ทูเรียน และสับปะรด จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ที่นำเงินตราเข้าประเทศ และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เป็นที่นิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่การส่งออกมังคุด ทูเรียน และสับปะรดในรูปผลสดมีข้อจำกัดมากมาย ได้แก่ การเสื่อมสภาพของผลไม้อย่างรวดเร็ว ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นไม่สามารถส่งไปตลาดต่างประเทศที่ห่างไกล การควบคุมโรคและแมลงที่ติดไปกับผลผลิต การป้องกันการบอบช้ำของผลสดจากการกระทบกระเทือนเนื่องจากการขนส่ง ประกอบกับฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลไม้หลายชนิดอยู่ในช่วงระยะเวลาใกล้เคียงกัน (เมษายน-มิถุนายน) ทำให้สินค้าล้นตลาด ระบายไม่ทัน ทำให้ราคาตก ดังนั้นการแปรรูปเป็นผลไม้แช่เยือกแข็งจึงเป็นอีกหนึ่งหนทางที่ช่วยลดข้อจำกัดเหล่านี้ นอกจากนั้น ยังสามารถนำผลไม้เกรดรองมาที่ไม่สามารถจำหน่ายในรูปผลสด ได้มาแปรรูปแช่แข็งได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่า ระบายผลผลิตที่ล้นตลาด และสามารถส่งผลไม้ในรูปแช่เยือกแข็งไปจำหน่ายในต่างประเทศที่ไกลได้อีกด้วย

ในปี 2554 ประเทศไทยส่งออกทูเรียนแช่แข็ง 15,788 ตัน มังคุดแช่แข็ง 292 ตัน สับปะรดแช่แข็ง 292 ตัน (กระทรวงพาณิชย์, 2555) มูลค่าการส่งออกผลไม้สดและผลไม้แช่แข็งมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยประเทศจีนเป็นตลาดส่งออกผลไม้สดแช่แข็งของประเทศไทยอันดับหนึ่ง รองลงมาได้แก่ ฮองกง อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา ข้อมูลจากบทความเรื่องอาหารฟังก์ชันเสริมสุขภาพ โดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ วันที่ 17 มกราคม 2556 รายงานว่าผู้บริโภคในสหรัฐอเมริกาใช้จ่ายเงินมากกว่าหมื่นล้านเหรียญสหรัฐต่อปีกับการเลือกซื้ออาหารฟังก์ชัน ที่เป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพ สุขภาพที่มีประสิทธิภาพ โดยตลาดอาหารประเภทนี้ได้รับความนิยมอย่างมาก ท่ามกลางพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่เร่งรีบ และมีแนวโน้มที่จะเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วย และกว่า 20 ปีมาแล้ว ผู้บริโภคเอเชียเองเริ่มให้ความสนใจกับอาหารฟังก์ชันมากขึ้น อาหารเพื่อสุขภาพนี้หมายรวมถึงผักและผลไม้ซึ่งมีสารพฤกษเคมี (phytochemicals) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ สารพฤกษเคมีมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นสารเสริมภูมิคุ้มกันโรคต่างๆ เช่น ยับยั้งการเกิดมะเร็ง ลดระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน (Mai et al., 2007; Peluso, 2006; Ross et al., 2002)

นอกจากนี้ยังมีผู้กล่าวว่าบางครั้งผลไม้แช่แข็งมีประโยชน์กว่าผลไม้สด เนื่องจากผลไม้สดกว่าจะมาถึงผู้บริโภค ก็อาจสูญเสียวิตามินไปในระหว่างการเดินทาง การขนส่ง แต่ผลไม้แช่แข็งมักมีคุณค่าทางอาหารอยู่ครบถ้วน แต่ทั้งนี้การทำผลไม้แช่เยือกแข็งจำเป็นต้องมีกระบวนการปก ดัดแต่ง หั่น และการแช่เยือกแข็ง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในผลไม้ตลอดจนระยะเวลาในการเก็บรักษาผลไม้แช่เยือกแข็งที่นานขึ้น (เพื่อการจำหน่าย) อาจมีผลกระทบต่อปริมาณสารพฤกษเคมีต่างๆ ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงผลของการตัดแต่ง และการแช่เยือกแข็งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในผลไม้ไทย 3 ชนิด (มังคุด ทูเรียน และสับปะรด) โดยเปรียบเทียบปริมาณสารพฤกษเคมีของผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งและผลไม้แช่เยือกแข็งกับผลไม้ผลสด และศึกษาผลของภาชนะบรรจุชนิดต่างๆและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญใน ทูเรียน มังคุด สับปะรดแช่เยือกแข็ง โดยสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ อัลฟาโทโคเฟอรอล (วิตามินอี; alpha-tocopherol) เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารในกลุ่มฟีนอลิก (phenolic acid) ซึ่งสารพฤกษเคมีเหล่านี้ที่มีประโยชน์อย่างมากสุขภาพ เช่น ป้องกันโรคและลดความเสี่ยงของการเกิดโรค ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการ

ประชาสัมพันธ์และในการทำการตลาดผลไม้แช่เยือกแข็งของไทย อันจะนำมาสู่การขยายตลาดการส่งออกผลไม้แช่แข็งไปยังตลาดต่างประเทศ รวมทั้งยังเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้เพื่อสุขภาพ

ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์

ผลไม้เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารอาหาร นอกจากโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน และวิตามินชนิดต่างๆ แล้วผลไม้ยังมีสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ซึ่งเป็นสารประกอบไบโอแอคทีฟ (Bioactive compounds) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างมาก เช่น ช่วยป้องกันโรค และช่วยลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรังต่างๆ สารพฤกษเคมีที่สำคัญได้แก่ โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ อัลฟาโทโคเฟอรอล เป็นต้น มีรายงานว่าสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยระบบหมุนเวียนเลือดและการทำงานของประสาท และต้านมะเร็ง (สิริพันธ์, 2545) สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล เบต้าแคโรทีน ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ โรคจากความเสื่อมของเซลล์ (<http://www.greenclinic.in.th/component/content/category/1-phytochemicals.html>)

ผลไม้สดเป็นสินค้าเกษตรที่เน่าเสียง่าย การขาดการบริหารจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีประกอบกับฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลไม้หลายชนิดอยู่ในช่วงระยะเวลาใกล้เคียงกันทำให้สินค้าล้นตลาด ระบายไม่ทัน ทำให้ราคาตก (สำนักบริการส่งออก, 2545) การแปรรูปผลไม้แช่เยือกแข็งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้อายุการเก็บรักษาผลผลิตนานขึ้น และผลผลิตที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับผลสด จึงเหมาะสำหรับการเก็บรักษาเป็นเวลานานเพื่อรอจำหน่าย ทำให้มีผลผลิตป้อนสู่ตลาดตลอดทั้งปี และสามารถส่งออกไปจำหน่ายในประเทศที่ห่างไกลได้ ซึ่งเป็นการขยายตลาดการส่งออก (พงศ์, 2542) ทูเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็งเป็นสินค้าที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการขายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่ยังขาดข้อมูลด้านชนิดและปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญเพื่อใช้ในการส่งเสริมการขาย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในผลไม้แช่เยือกแข็ง 3 ชนิด ได้แก่ ทูเรียน มังคุด และสับปะรด ที่ปลูกทางภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย เปรียบเทียบกับผลไม้สด ตลอดจนศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในผลไม้แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

ทูเรียน

ทูเรียน (*Durio zibethinus* Murr.) อยู่ในวงศ์ Bombaceaceae มีปริมาณใยอาหาร (dietary fiber) ทั้งหมดเท่ากับ 3.2 g/100g FW โดยแบ่งเป็น soluble fiber และ insoluble fiber เท่ากับ 1.3 และ 1.9 g/100g FW ตามลำดับ (Gorinstein et al., 2011) และมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าทางอาหารหลายอย่าง จากรายงานพบว่าเนื้อทูเรียนมีสาร polyphenols, flavonoids และ quercetin ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี สามารถลดระดับไขมันในเลือดของหนูขาว โดยสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอล และไขมันชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein; LDL) ได้ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะหลอดเลือดอุดตัน สาร phenolic acid และ flavonoids ที่สำคัญในทูเรียนได้แก่ caffeic acid, *p*-coumaric acid, cinnamic acid, vanillic acid, kampherol, quercetin, apigenin, morin และ myricitin (Charoensiri et al., 2009; Haruenkit et al., 2007) เนื้อทูเรียนมี cinnamic acid, kampherol และ myricitin 1.51, 1.31 และ 1.01 mg/100 g FW ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณสาร polyphenols และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ ในทูเรียนมีปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ พันธุ์ พื้นที่ปลูก อายุการเก็บเกี่ยว และช่วงเวลาหรือฤดูกาลเก็บเกี่ยว ดังแสดงในตารางที่ 1 (Fu et al., 2011; Dembitsky et al., 2011) ระยะเวลาสุกแก่ของทูเรียนมีผลต่อการสะสมของสาร polyphenols, flavonoids, flavanols และ tannins โดยระยะสุกแก่

พอดี (mature) การสะสม flavanols สูงสุด เท่ากับ 135.5 $\mu\text{g CE/g}$ ระยะที่สุกแก่จัด (overripe) การสะสม polyphenols สูงสุด 4.3 mg GAE/g และในระยะสุก (ripe) มีปริมาณ flavonoids สะสมสูงสุด 2.2 mg CE/g ในขณะที่ tannins มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน (0.7-0.8 mg CE/g) เนื้อทุเรียนที่เก็บเกี่ยวมาในระยะสุกแก่ (mature) มีกรดไขมันชนิด capric (C 10:0) เท่ากับ 3.5 $\mu\text{g/g DW}$, myristic (C 14:0) เท่ากับ 48.9 $\mu\text{g/g DW}$, palmitic (C 16:0) เท่ากับ 2754.6 $\mu\text{g/g DW}$, stearic (C 18:0) เท่ากับ 113.4 $\mu\text{g/g DW}$, arachidic (C 20:0) เท่ากับ 18.9 $\mu\text{g/g DW}$, oleic (C 18:1) เท่ากับ 2,113.8 $\mu\text{g/g DW}$ และ linoleic (C 18:2) เท่ากับ 513.0 $\mu\text{g/g DW}$ นอกจากนี้ เนื้อทุเรียนยังมีไขมันชนิด *n-3* fatty acid ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Haruenkit et al., 2010; Phutdhawong et al., 2005) สำหรับปริมาณสาร polyphenols และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในทุเรียนบางสายพันธุ์ของไทย มีรายละเอียดปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสาร polyphenols และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในทุเรียน (Dembitsky et al., 2011)

พันธุ์	Total polyphenols/ ¹	Flavonoids / ²	Anthocyanin s/ ³	Flavanols / ⁴	Antioxidant activity/ ⁵
หมอนทอง	361	94	427	172	261
ก้านยาว	283	72	335	135	205
กระดุมทอง	272	69	320	129	198

¹ / mg gallic acid equivalent/100g FW

² / mg catechin equivalent (CE)/100g FW

³ / mg cyanidin-3-glucoside equivalent/100g FW

⁴ / mg CE/100g FW

⁵ / Ferric-reducing/antioxidant power, mM trolox equivalent/100g FW

มังคุด

มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ของ Guttiferae เจริญเติบโตได้ในแถบพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ผลมังคุดเป็นแบบ berry มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.4-7.5 cm มีเปลือกหนา 6-10 mm ลักษณะของผลอ่อนเปลือกนอกจะมีสีเขียวปนเหลือง มียางสีเหลืองอยู่ภายใน มีเมล็ดอยู่ประมาณ 1-6 เมล็ดต่อผล เนื้อส่วนที่รับประทานได้มีสีขาวขุ่น มีรสหวานมีลักษณะฉ่ำน้ำ มังคุดมี phenolic เป็นองค์ประกอบอยู่ทั้งในเปลือกและเนื้อ แต่ในเนื้อมังคุดมีอนุพันธ์ *p*-hydroxybenzoic acid สูง (ตารางที่ 2) ปริมาณของ phenolic acids ที่พบในเนื้อแตกต่างกัน เนื่องจากระดับของความสุกแก่ สภาพแวดล้อมในระหว่างการปลูก กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว และสภาพในระหว่างการเก็บรักษา (Zadernowski et al., 2009 ; Shahidi and Naczki, 2004) เนื้อมังคุดมีปริมาณ polyphenols ทั้งหมด 190.3 mg of gallic acid/100 g of FW ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 54.1 mg of catechin/100 g FW ปริมาณ quercetin เท่ากับ 0.3 mg of gallic acid /100 g FW (Haruenkit et al., 2007; Fu et al., 2011) สารอนุพันธ์ของ xanthones ที่สามารถพบได้ในมังคุด เช่น epicatechin, 1,3,7-trihydroxyxanthone, egonol, α -mangostin, β -mangostin, γ -mangostin, neosmitilbin, และ

garcinone เป็นต้น พบว่าเนื้อมังคุดมีปริมาณ xanthones ต่ำกว่าเปลือก แต่อนุพันธ์ของ xanthones ที่มีในเนื้อสูง คือ 1,3,7-trihydroxy-2,8-di (3-methylbut-2-enyl) xanthon และพบว่าสูงกว่าในเปลือกด้วย ในขณะที่เปลือกมีอนุพันธ์ของ xanthones ชนิด α -mangostin และ γ -mangostin สูงเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อผล (Cui et al., 2010; Wittenauer et al., 2012)

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนเนื้อและเปลือกของมังคุด

ชนิดกรดฟีนอลิก	ส่วนของเปลือก	ส่วนของเนื้อ
<i>Hydroxybenzoic acid derivatives</i>		
<i>m</i> -hydroxybenzoic	68.1	-
<i>p</i> - hydroxybenzoic	510.7	142.6
protocatechuic	3812.2	94.0
vanellic	414.3	9.5
veratric	84.3	-
<i>Hydroxycinnamic acid derivatives</i>		
caffeic	91.6	-
<i>p</i> -coumaric	-	18.7
ferulic	12.0	0.9

ที่มา: Zadernowski et al. (2009)

สับปะรด

สับปะรด (*Ananascomosus* (L.) Merr.) อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae ผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวมาควรมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ soluble solids อย่างน้อย 12 °Brix และมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ไม่เกิน 1% จึงมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทั่วไปสับปะรดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อยู่ในช่วง 11-18 °Brix ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (ส่วนใหญ่เป็นกรด citric) อยู่ในช่วง 0.5-1.6% และมีปริมาณ ascorbic acid อยู่ในช่วง 20-65 mg/100 g FW ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และระดับความบริบูรณ์ของผล (Kader, 1996) สับปะรดมีปริมาณ total phenolics เท่ากับ 94 mg of gallic acid/100 g FW เปลือกสับปะรดมีสารประกอบ phenolic มากกว่าส่วนของเนื้อผลหรือแกนผล (core) และเปลือกผลมี gallic acid, catechin, epicatechin และ ferulic acid สูง ในขณะที่เนื้อและแกนผลมี epicatechin และ ferulic acid ในปริมาณที่ต่ำ (Fu et al., 2011; Yi et al., 2006) นอกจากนี้ เนื้อผลสับปะรดมี ferulic acid, chlorogenic acid, protocatechuic acid และ luteolin7-o-glucoside เท่ากับ 2.23, 1.31, 4.11 และ 3.72 mg/100g FW ตามลำดับ (Fu et al., 2011) มีรายงานว่า bromelain ในเนื้อผลของสับปะรด เป็นสารที่ออกฤทธิ์ทางยาต้านการอักเสบ ต้านการแพร่กระจายของเนื้องอก ส่วน saponins และ tannins ในเปลือก เป็น antioxidant และเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชได้ (Bhui et al., 2009; Gundran et al., 2001)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการตัดแต่ง และการแช่เยือกแข็งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทุเรียน มังคุด และสับปะรด
2. เพื่อศึกษาผลของภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน การสุ่มตัวอย่างและวิธีการเก็บข้อมูล

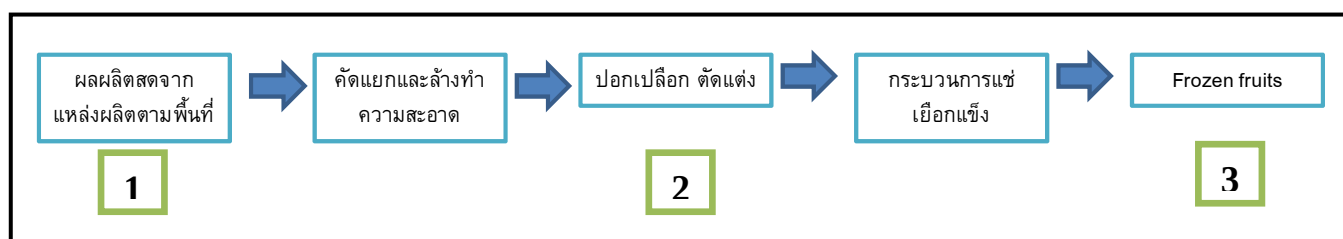
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการตัดแต่ง และการแช่เยือกแข็งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทุเรียน มังคุด และสับปะรดก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง

- ทุเรียน ใช้พันธุ์หมอนทอง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภค มีเนื้อมาก เหมาะแก่การแปรรูปแช่แข็ง ทุเรียนที่ใช้ในการทดสอบเก็บเกี่ยวจากภาคตะวันออก (เช่น จันทบุรี และ ระยอง) และจากภาคใต้ (เช่น ชุมพร และ นครศรีธรรมราช)
- มังคุด ใช้มังคุดที่เก็บเกี่ยวจากภาคตะวันออก (เช่น จันทบุรี และระยอง) และจากภาคใต้ (เช่น ชุมพร และ นครศรีธรรมราช)
- สับปะรด ใช้พันธุ์ตราดสีทอง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภค สับปะรดที่ใช้ในการทดสอบเก็บเกี่ยวจากภาคตะวันออก (ตราด และระยอง)

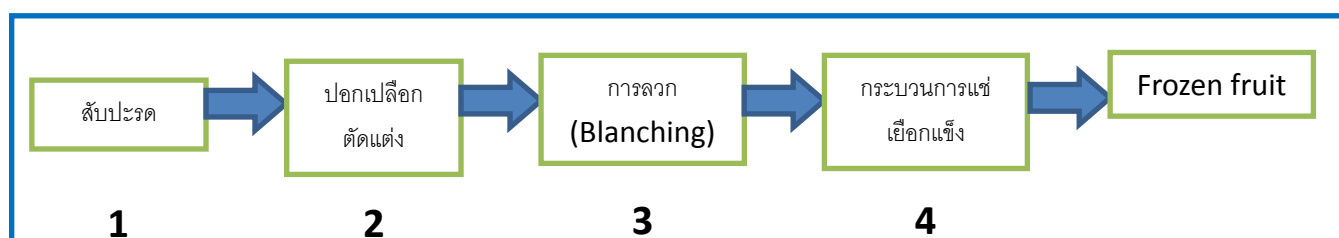
โดยในการทดลองมีขั้นตอนการเตรียมและปฏิบัติดังนี้

- (1) เก็บตัวอย่างทุเรียนและมังคุดที่โรงงานแปรรูปแช่เยือกแข็ง โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ดังนี้
 - 1.1 เก็บตัวอย่างผลไม้สดแต่ละชนิดตั้งแต่เข้าสู่โรงงาน โดยแบ่งตามพื้นที่การปลูก (จากรูปกระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งผลไม้ของโรงงาน ลำดับที่ 1) โดยทำการคัดเลือกผลที่มีขนาดผล รูปร่างและความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน
 - 1.2 เก็บตัวอย่างผลไม้ที่มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกและตัดแต่งแล้ว (จากรูปกระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งผลไม้ของโรงงาน ลำดับที่ 2)
 - 1.3 เก็บตัวอย่างผลไม้ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้ว (กระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งผลไม้ของโรงงาน ลำดับที่ 3) โดยการเก็บตัวอย่างผลิตผลในแต่ละชนิดแบบสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำต่อชนิดหรือต่อแหล่งผลิต
- (2) เก็บตัวอย่างสับปะรดที่โรงงาน โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้
 - 2.1 เก็บตัวอย่างสับปะรดสดตั้งแต่เข้าสู่โรงงาน (จากรูปกระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งสับปะรดของโรงงาน ลำดับที่ 1)
 - 2.2 เก็บตัวอย่างสับปะรดมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกและตัดแต่งแล้ว (จากรูปกระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งผลไม้ของโรงงาน ลำดับที่ 2)
 - 2.3 นำชิ้นสับปะรดที่ตัดแต่งไปทำการลวก (Blanching) (จากรูปกระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งสับปะรดของโรงงาน ลำดับที่ 3)
 - 2.4 เก็บตัวอย่างสับปะรดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้ว (กระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งสับปะรดของโรงงาน ลำดับที่ 4) โดยการเก็บตัวอย่างผลิตผลในแต่ละชนิดแบบสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำ

กระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งผลไม้ของโรงงาน (ทุเรียน และ มังคุด)



กระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งผลไม้ของโรงงาน (สับปะรด)



(3) นำตัวอย่างผลไม้สุ่มเก็บได้มาทำการวิเคราะห์สารพฤกษเคมีที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

สารสำคัญ	มังคุด	ทุเรียน	สับปะรด
α -tocopherol	✓	✓	✓
β -carotene	-	✓	✓
flavonoid	✓	✓	✓
phenolic acid	✓	✓	✓
free fatty acid	-	✓	-
vitamin A	✓	✓	✓
vitamin C	✓	✓	✓
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	✓	✓	✓
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP	✓	✓	✓

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญใน ทูเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี

เก็บตัวอย่างทูเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยทำการเก็บตัวอย่างดังนี้

- (1) เก็บตัวอย่างผลผลิตทันทีหลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปแช่เยือกแข็งแล้ว
- (2) เก็บตัวอย่างผลไม้แช่เยือกแข็งหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 6 เดือน โดยตัวอย่างถูกเก็บรักษาในถุงแบบสุญญากาศ (VAC)
- (3) เก็บตัวอย่างผลไม้แช่เยือกแข็งหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 6 เดือน โดยตัวอย่างถูกเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE)
- (4) เก็บตัวอย่างผลไม้แช่เยือกแข็งหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 12 เดือน โดยตัวอย่างถูกเก็บรักษาในถุงแบบสุญญากาศ (VAC)
- (5) เก็บตัวอย่างผลไม้แช่เยือกแข็งหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 12 เดือน โดยตัวอย่างถูกเก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene (PE)

ในการเก็บตัวอย่างแต่ละชนิด ทำโดยการสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำต่อชนิด และนำวิเคราะห์สารพฤกษเคมีที่สำคัญตามการทดลองที่ 1

การวิเคราะห์ ชนิด และปริมาณสารพฤกษเคมีสำคัญในผลผลิต

1. การวิเคราะห์ beta-carotene และ alpha α -tocopherol

การสกัดสาร (Wright และ Kader, 1997)

นำตัวอย่างผลิตผล จำนวน 5 กรัม เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร Homogenized นาน 3 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำ 8 มิลลิลิตร Homogenized นาน 2 นาที และนำไป Centrifuged ที่ $7,000\text{ g}$ นาน 4 นาที หลังจากแยกเป็น 2 ชั้น ให้แยกสารชั้นบนใสในขวดแก้วสีน้ำตาล และนำสารชั้นล่างมาทำการสกัดแยกสาร 2 ครั้ง (ทำซ้ำ) ด้วยน้ำ 8 มิลลิลิตร Homogenized นาน 1 นาที และนำไป Centrifuged ที่ $7,000\text{ g}$ นาน 4 นาที นำสารชั้นบนที่ได้ เติมน้ำ 10% Potassium hydroxide (KOH) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ทำการเขย่าต่อเนื่องนาน 16 ชั่วโมง (100 rpm , 25°C) ต่อมอล้าง hexane ออกจากสารสกัดที่ได้ด้วย 10% Sodium chloride ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เพื่อล้าง alkali ออกจากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้มาทำการระเหยสารสกัดออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator ภายใต้อัตราส่วน 45:55 มิลลิลิตร ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร

การตรวจวัดปริมาณ (Wright และ Kader, 1997)

นำสารสกัดที่ได้มาผ่านกระดาดกรอง ขนาด $45\text{ }\mu\text{m}$ ก่อนนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โดยเครื่อง PDA (photodiode array detector)- HPLC (Shimadzu) โดยใช้คอลัมน์ C18 (Inersil® ODS-3; $4.6 \times 250\text{ mm}$, $5\text{ }\mu\text{m}$) ทำโดยใช้สัดส่วนของ mobile phase ดังนี้ Methanol:Methylene chloride; 99:1 acetonitrile เข้มข้น 100% อัตราส่วน 100:0, 77:23, 77:23, 100:0 ในเวลาที่ 1, 25, 29, 29.01 ใช้เวลา 80 นาที ต่อ 1 ตัวอย่าง ชนิดของปั๊มเป็นแบบ low pressure gradient วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม LC solution สำหรับสาร β -carotene ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 450 nm

2. การวิเคราะห์วิตามินอี (alpha-tocopherol)

ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method based on Liquid Chromatographic Analysis of Food and Beverage Vol.2, 1979

3. การวิเคราะห์ Antioxidant activity

การสกัดตัวอย่าง Antioxidant activity (Thaipong et al., 2006),

นำตัวอย่าง 5 กรัม นำมา homogenized ด้วย เมธานอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการ homogenized แล้วนำมาวางไว้ในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไป centrifuged ที่ 12,000 rpm นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างส่วนใสที่สกัดได้ไปเก็บรักษาที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.1 การวิเคราะห์ DPPH scavenging activity (Thaipong et al., 2006),

นำตัวอย่างที่สกัดได้ 150 ไมโครลิตร นำมาเติมสารละลาย DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 2850 ไมโครลิตร แล้วนำไปวางไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 515 nm โดย spectrophotometer (Shimadzu UV-1800) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox

3.2 การวิเคราะห์ FRAP assay (Thaipong et al., 2006),

นำตัวอย่างที่สกัดได้ 150 ไมโครลิตร นำมาเติมสารละลาย working solution ปริมาตร 2850 ไมโครลิตร ซึ่งประกอบด้วย 300 mM acetate buffer pH 3.6, 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) และ 20 มิลลิลิตร $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นผสม working solution โดยใช้ 25 มิลลิลิตร acetate buffer, 2.5 ml สารละลาย TPTZ และ 2.5 มิลลิลิตร $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ นำมาอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ก่อนการใช้งาน แล้วนำไปวางไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 593 nm โดย spectrophotometer (Shimadzu UV-1800) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox

4. การวิเคราะห์ Total phenolic compounds (Thaipong et al., 2006)

นำตัวอย่างที่สกัดได้ (เตรียมได้จากข้อ 2) ปริมาตร 150 ไมโครลิตร มาเติมด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 2,400 ไมโครลิตร และเติมด้วย 0.25 N Folin-Ciocalteu reagent 150 ไมโครลิตร แล้วนำไป Vortex ก่อนตั้งทิ้งไว้ 3 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลาย 1N Na_2CO_3 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร แล้วนำไป Vortex อีกครั้ง และนำไปปั่นที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 725 nm โดย Spectrophotometer (Shimadzu UV-1800) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid

5. การวิเคราะห์ Flavonoid (Thaipong et al., 2006)

นำตัวอย่างผลไม้จำนวน 1 กรัม มาปั่นให้ละเอียดใน Methanol + DMSO (Dimethyl sulfoxide) ในอัตราส่วน 50:50 v/v ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปทำให้ตกตะกอนโดยการ centrifuged ที่ 9000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำมากรองด้วย membrane filter ขนาด 0.45 μm ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC การตรวจวัดปริมาณ flavonoids โดยเครื่อง PDA (photodiode array detector) - HPLC (Shimadzu) โดยใช้คอลัมน์ C18 (Inersil® ODS-3; 4.6 x 250 mm, 5 μm) และบันทึกข้อมูลโดย Solution programme (Shimadzu, Japan) การแยก flavonoids ทำโดยใช้สัดส่วน gradient solutions

ของ solvent A: 2% acetic acid solvent B: 0.5% acetic acid: acetonitrile (50:50 v/v), Solvent C: Methanol, Solvent D: water โดยใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที ทำการตรวจสอบการดูดกลืนแสงของ UV absorbance สำหรับวิเคราะห์ flavonone ที่ 280 nm นำมาเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Kaempferol

6. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Roe et al., 1948)

นำตัวอย่างผลไม้จำนวน 5 กรัม ผสมกับสารละลาย 5% metaphosphoric acid ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman No.1 นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ 0.4 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเติมสาร indophenols ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร (สำหรับหา ascorbic acid) และเติมสาร metaphosphoric acid ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร (สำหรับหา dehydroascorbic acid) จากนั้นเติม 2% thiourea ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ 2% 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNP) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร จากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม 85% sulfuric acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที (วางหลอดทดลองไว้บนน้ำแข็ง) จึงนำไปวัดหาปริมาณ ascorbic acid และ dehydroascorbic acid ที่ช่วงความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานของ ascorbic acid

7. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเอ (Kuhnlein et al., 2006)

ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on Compendium of Methods for Food Analysis Thailand, 1st Edition, 2003

8. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในทุเรียน

ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมนิโตรเลียมอีเธอร์จำนวน 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (vortex) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำตัวอย่างไป sonicate ต่ออีก 5 นาที แยกตะกอนทุเรียนกับตัวทำละลายด้วยเครื่องปั่นแยก (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และกรองตะกอนออกจากตัวทำละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำตะกอนที่เหลือทำการสกัดน้ำมันซ้ำตามวิธีข้างต้นอีกครั้ง หลังจากนั้นนำส่วนของนิโตรเลียมอีเธอร์ที่สกัดน้ำมันจากทุเรียนที่ได้จากครั้งที่ 1 และ 2 รวมกันใน Beaker ระเหยนิโตรเลียมอีเธอร์ด้วยการให้ความร้อนด้วย hot plate จากนั้นนำ Beaker ที่บรรจุตัวอย่างที่ระเหยนิโตรเลียมอีเธอร์ออกแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำ Beaker ที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณ total fat ดังสมการ

$$\% \text{ Fat wet weight (\%Fat (WW))} = (\text{Fat weight (g)})/(\text{Sample weight (g)}) \times 100$$

การวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันทุเรียนด้วย High performance size exclusion chromatography (HPSEC)

นำตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันด้วย HPSEC โดยใช้คอลัมน์ชนิด Phenogel 100-Å ใช้ acetic acid : toluene (0.25: 100, v/v) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ ที่อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อ

นาที ใช้เครื่องตรวจวัดชนิด Evaporative light scattering detector (ELSD) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 2 บาร์ ตรวจสอบชนิดและปริมาณองค์ประกอบจากการเทียบกับสารมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มีจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยตาราง analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลการทดลอง

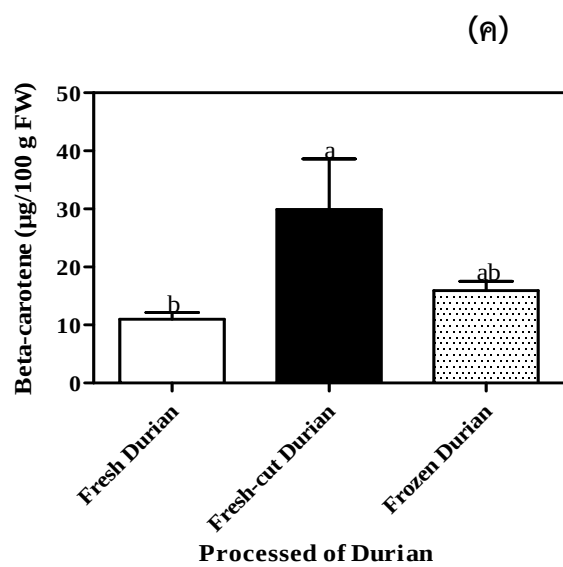
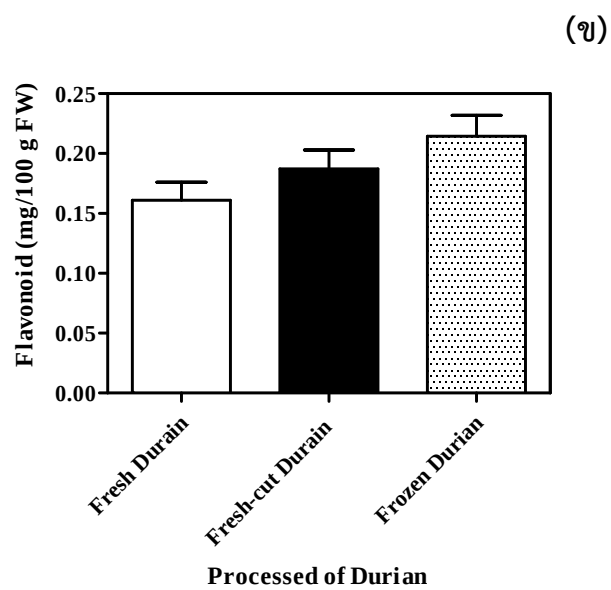
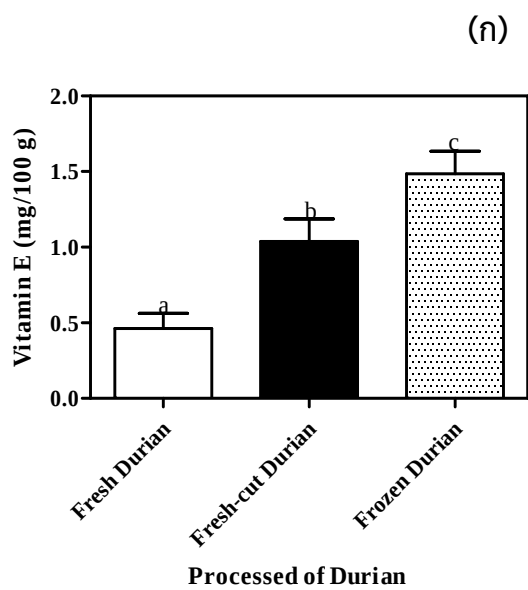
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกระบวนการตัดแต่งและแช่เยือกแข็งต่อปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทุเรียน มังคุด และลัมปะรด

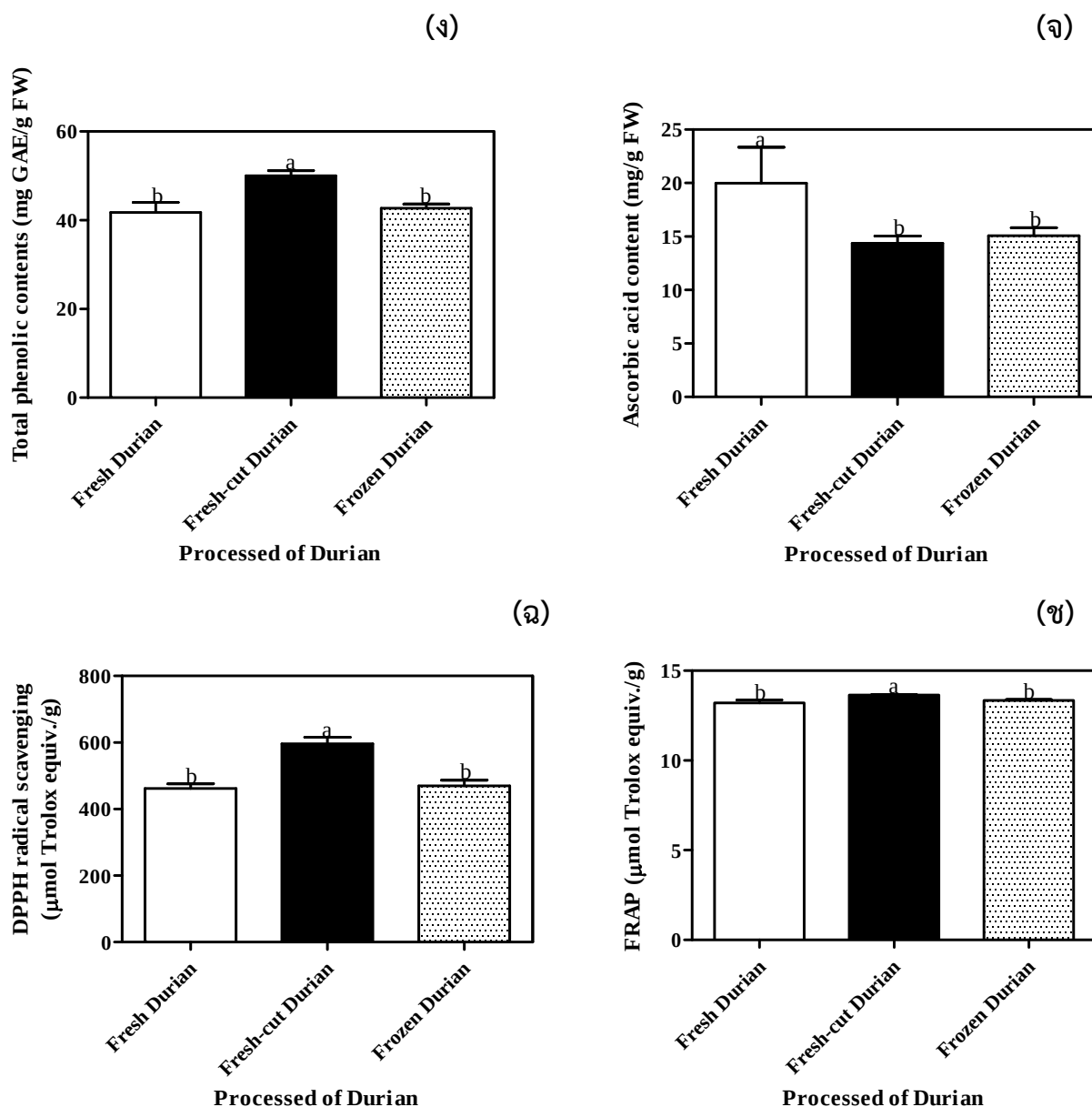
1. ทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคใต้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคใต้ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง โดยทำการเก็บตัวอย่างผลไม้ ดังนี้ 1. ทุเรียนผลสด (Fresh Durian) คือเก็บตัวอย่างทุเรียนผลสดที่เข้าสู่โรงงาน โดยทำการสุ่มผลที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน มาทำการปอกเพื่อเก็บเนื้อทุเรียนและวิเคราะห์ทันที 2. ทุเรียนที่ปอกเปลือกและตัดแต่งแล้ว (Fresh-cut Durian) คือ เนื้อทุเรียนที่ผ่านการคัดแยก ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกและตัดแต่งแล้วโดยทำในโรงงาน และทำการเก็บตัวอย่างเนื้อ แช่ให้แข็งด้วยไนโตรเจนเหลว และขนย้ายมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี 3. ทุเรียนแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian) เป็นเนื้อทุเรียนที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยระบบ IQF ของโรงงานแล้ว จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอีของทุเรียนจากภาคใต้ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (รูปที่ 1 ก) (ตารางที่ 3) โดยเนื้อทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินอีสูงที่สุดเท่ากับ 1.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ เนื้อทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 1.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และเนื้อทุเรียนจากผลสดมีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่กระบวนการแช่เยือกแข็ง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยพบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ของทุเรียนผลสดก่อนการตัดแต่ง หลังการตัดแต่ง และหลังการแช่เยือกแข็ง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุเรียนจากภาคใต้ทั้งก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง โดยทุเรียนผลสด ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 0.16 0.19 และ 0.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (รูปที่ 1 ข) (ตารางที่ 3) การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่าทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าทุเรียนผลสด โดยทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 29.89 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และทุเรียนผลสดมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 10.98 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนทั้งสองตัวอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับทุเรียนแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 15.92 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (รูปที่ 1 ค) (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ พบว่าทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็งอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ในขณะที่ทุเรียนผลสดและทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 50.03 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ทุเรียนผลสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 41.76 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 42.73 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 1 ง) (ตารางที่ 3) นั้นแสดงว่า การแช่เยือกแข็ง มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ลดลง

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของทุเรียนจากภาคใต้ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุเรียนผลสดมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 14.37 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.06 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 1 จ) (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองที่ได้ สามารถกล่าวได้ว่า กระบวนการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในทุเรียน การทดสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลองด้วยวิธี Ferric reducing / antioxidant power (FRAP) assay และ DPPH radical scavenging activity พบว่า ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 596.36 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ในขณะที่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 461.88 และ 469.49 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ (รูปที่ 1 ฉ) (ตารางที่ 3) สำหรับการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เป็นการใช้อนุสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{3+} -TPTZ (Ferric tripyridyl triazine) จะถูกรีดิวซ์โดยสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{2+} -TPTZ (Ferrous tripyridyl triazine) ซึ่งสารสีน้ำเงินสารนี้จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP พบว่า ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 13.64 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ในขณะที่ทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 13.20 และ 13.34 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ (รูปที่ 1 ข) (ตารางที่ 3) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอพบว่า ปริมาณวิตามินเอในทุเรียนใต้ ทั้งทุเรียนผลสด ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดยผลการทดสอบจากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003. (ตารางที่ 1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของทุเรียนใต้ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยทุเรียนผลสด มีปริมาณไขมันเท่ากับ ร้อยละ 1.49 ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 1.32 และทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 1.61 เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมัน (Composition of fat) ในทุเรียนผลสด ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทุเรียนแช่เยือกแข็ง พบว่ามีปริมาณ Triglyceride เท่ากับร้อยละ 97.0 93.1 และ 95.7 ตามลำดับ และมีปริมาณ Diglyceride เท่ากับร้อยละ 0.8 2.2 และ 1.0 และมีปริมาณ Free fatty acid เท่ากับร้อยละ 2.2 4.7 และ 3.3 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)





รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (ก) ฟลาโวนอยด์ (ข) ฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) เบต้าแคโรทีน (จ) สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ค) และสารต้านอนุมูลอิสระ FRAP (ง) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ โดย Fresh Durian คือ ทุเรียนผลสด, Fresh-cut Durian คือ ทุเรียนปอกเปลือกที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วก่อนการแช่เยือกแข็งและ Frozen Durian คือ ทุเรียนแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน a-b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$))

ตารางที่ 1 ปริมาณวิตามินเอ (ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ในทุเรียนผลสด (Fresh Durian) ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง (Fresh-cut Durian) และทุเรียนแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian)

Treatments	Vitamin A ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)
FreshDurian	<7
Fresh-cut Durian	<7
Frozen Durian	<7

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน (ร้อยละ) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ในทุเรียนผลสด (Fresh Durian) ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง (Fresh-cut Durian) และทุเรียนแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian)

Treatments	% Fat (Ww)	Composition of Fat (%)		
		Triglyceride	Diglyceride	Free fatty acid
Fresh Durian	1.49 $\pm$ 0.20	97.0	0.8	2.2
Fresh-cut Durian	1.32 $\pm$ 0.04	93.1	2.2	4.7
Frozen Durian	1.61 $\pm$ 0.02	95.7	1.0	3.3
F-test	ns	-	-	-
C.V. (%)	8.03	-	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก a, b แสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในคอลัมน์เดียวกัน

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี (α -Tocopherol), ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid), เบต้าแคโรทีน (β -carotene), สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในทุเรียนผลสด (Fresh Durian) ทุเรียนปอกเปลือก ตัดแต่ง (Fresh-cut Durian) และทุเรียนแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian) จากภาคใต้

Samples	α -Tocopherol (mg/100 g)	Flavonoid (mg/100 g FW)	Betacarotene (μ g/100 g FW)	Phenolic acid (mg GAE/ g FW)	Vitamin C (mg/gFW)	DPPH (μ molTrolox equiv./g)	FRAP (μ molTrolox equiv./g)
Fresh Durian	0.46 ^c ±0.22	0.16±0.04	10.98 ^b ±3.05	41.76 ^b ±0.72	20.00 ^a ±10.61	461.88 ^b ±43.78	13.20 ^b ±0.52
Fresh-cut Durian	1.04 ^b ±0.34	0.19±0.04	29.89 ^a ±23.04	50.03 ^a ±0.37	14.37 ^b ±2.15	596.36 ^a ±60.99	13.64 ^a ±0.10
Frozen Durian	1.49 ^a ±0.33	0.21±0.05	15.92 ^{ab} ±4.24	42.73 ^b ±0.31	15.06 ^b ±2.38	469.49 ^b ±55.50	13.34 ^b ±0.17
F-test	**	NS	*	**	*	**	*
C.V. (%)	30.25	24.53	72.06	11.09	38.84	10.58	2.39

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

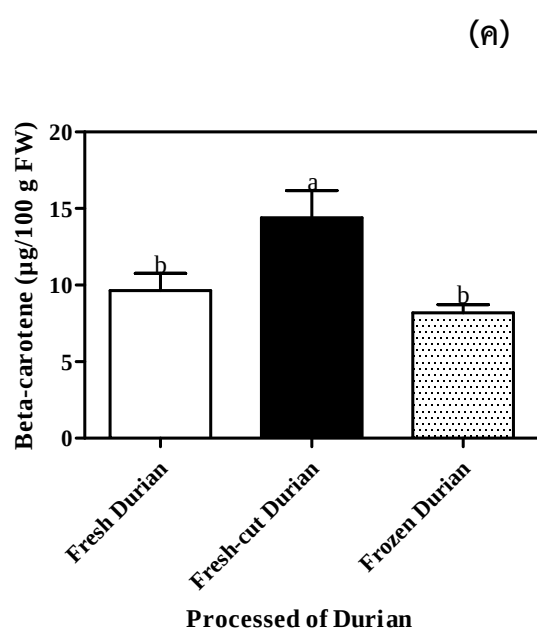
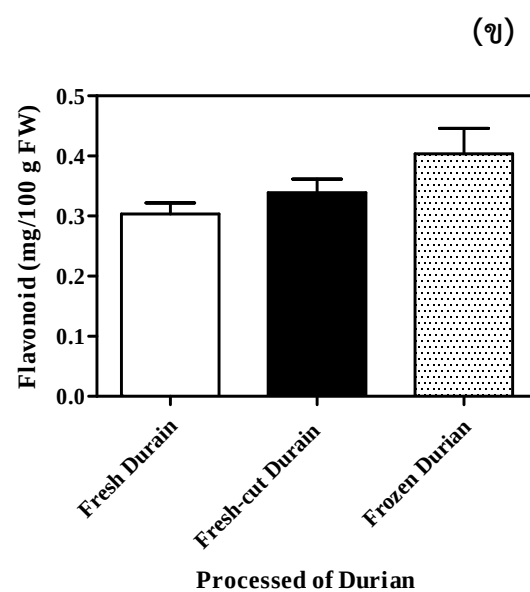
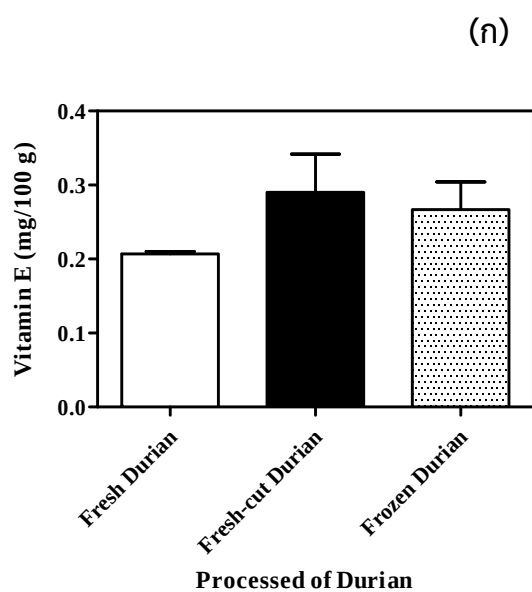
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก a, b แสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในคอลัมน์เดียวกัน

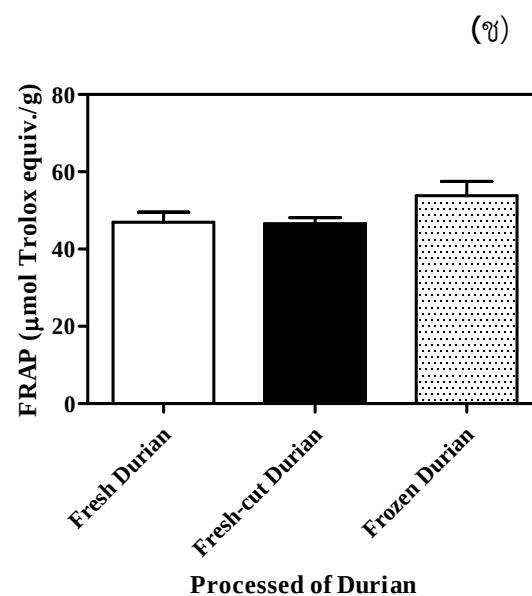
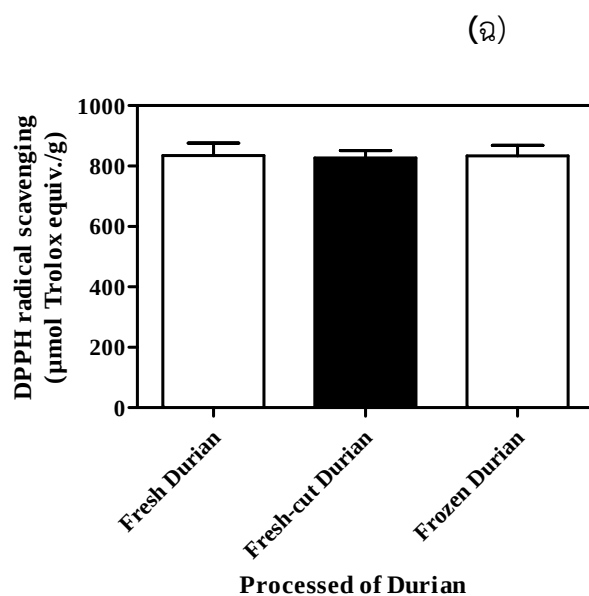
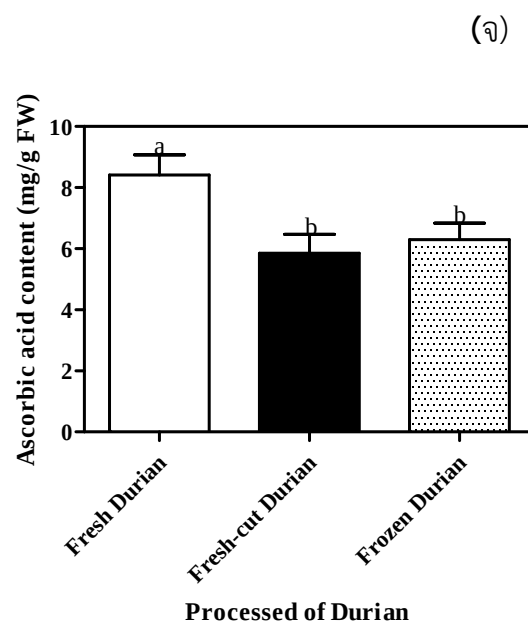
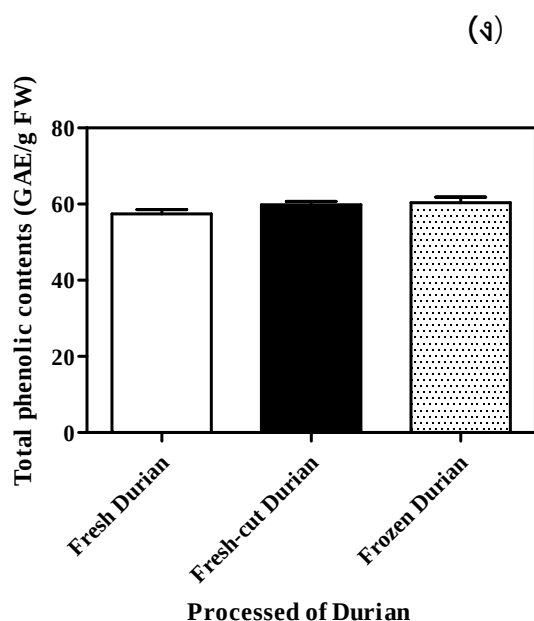
2. ทูเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคตะวันออก

ปริมาณวิตามินอีของทูเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออกในระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็ง ได้แก่ ทูเรียนผลสด (Fresh Durian) ทูเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว (Fresh-cut Durian) และทูเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูปที่ 2 ก) (ตารางที่ 6) โดยทูเรียนผลสดมีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ทูเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.29 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และทูเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ของทูเรียนผลสด ทูเรียนปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทูเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง พบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์ของทูเรียนทั้งสามรูปแบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูปที่ 2 ข) (ตารางที่ 6) โดยทูเรียนผลสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.30 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม ทูเรียนปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.34 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และทูเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.40 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณเบต้าแคโรทีนในทูเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออกที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าทูเรียนผลสด และทูเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็งอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (รูปที่ 2 ค) (ตารางที่ 6) โดยมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 14.40 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ในขณะที่ทูเรียนผลสด และทูเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง มีปริมาณเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 9.64 และ 8.17 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในทูเรียนหมอนทองทั้งสามประเภท พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยทูเรียนผลสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 57.42 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ทูเรียนปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 59.82 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และทูเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 60.37 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 2 ง) (ตารางที่ 6)

ทูเรียนตะวันออกผลสดมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าทูเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทูเรียนแช่เยือกแข็ง โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 8.41 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ในขณะที่ทูเรียนปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกับทูเรียนแช่เยือกแข็ง โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 5.85 และ 6.30 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (รูปที่ 2 จ) (ตารางที่ 6) สำหรับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในทูเรียนจากภาคตะวันออกทั้งผลสด ทูเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทูเรียนแช่เยือกแข็ง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 834.37 827.05 และ 833.83 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 2 ฉ) (ตารางที่ 6) ส่วนการตรวจสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าทูเรียนผลสด มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 46.97 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ ทูเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 46.56 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ และทูเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 53.81 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 2 ข) (ตารางที่ 6) ปริมาณวิตามินเอในทูเรียนตะวันออกทั้งทูเรียนผลสด ทูเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทูเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดยผลการทดสอบจากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003. (ตารางที่ 4) ทูเรียนภาคตะวันออกผลสดมีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 2.19 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับทูเรียนปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว ที่มี

ปริมาณไขมันร้อยละ 1.32 และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณไขมันร้อยละ 1.10 (ตารางที่ 5) เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมัน (Composition of fat) พบว่าทุเรียนผลสด ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณ Triglyceride เท่ากับร้อยละ 95.8 94.9 และ 93.1 และทุเรียนทั้งสามประเภทมีปริมาณ Diglyceride เท่ากับร้อยละ 2.0 2.1 และ 2.9 และมีปริมาณ Free fatty acid เท่ากับร้อยละ 2.2 3.0 และ 4.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)





รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (ก) ฟลาโวนอยด์ (ข) ฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) เบต้าแคโรทีน (จ) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ฉ) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (ช) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก โดย Fresh Durian คือทุเรียนผลสด, Fresh-cut Durian คือ ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และ Frozen Durian คือ ทุเรียนแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน a-b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$))

ตารางที่ 4 ปริมาณวิตามินเอ (ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ในทุเรียนผลสด (Fresh Durian) ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง (Fresh-cut Durian) และ ทุเรียนแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian)

Treatments	Vitamin A ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
FreshDurian	<7
Fresh-cut Durian	<7
Frozen Durian	<7

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน (ร้อยละ) ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ในทุเรียนผลสด (Fresh Durian) ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง (Fresh-cut Durian) และทุเรียนแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian)

Treatments	% Fat (Ww)	Composition of Fat (%)		
		Triglyceride	Diglyceride	Free fatty acid
Fresh Durian	$2.19^a \pm 0.06$	95.8	2.0	2.2
Fresh-cut Durian	$1.32^b \pm 0.02$	94.9	2.1	3.0
Frozen Durian	$1.10^c \pm 0.12$	93.1	2.9	4.0
F-test	**	-	-	-
C.V. (%)	4.86	-	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก a, b แสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในคอลัมน์เดียวกัน

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี (α -Tocopherol), ฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในทุเรียนผลสด (Fresh Durian) ทุเรียนปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง (Fresh-cut Durian) และทุเรียนแช่เยือกแข็ง (Frozen Durian)

Treatments	α -tocopherol (mg/100 g)	Flavonoid (mg/100 g FW)	Betacarotene(μ g/100 g FW)	Phenolic acid (mg GAE/ g FW))	Vitamin C (mg/gFW)	DPPH (μ molTrolox equiv./g)	FRAP (μ molTrolox equiv./g)
Fresh Durian	0.21 $\pm$ 0.01	0.40 $\pm$ 0.11	9.64 ^b $\pm$ 4.05	57.42 $\pm$ 3.58	8.41 ^a $\pm$ 2.07	834.37 $\pm$ 132.14	46.97 $\pm$ 8.31
Fresh-cut Durian	0.29 $\pm$ 0.09	0.34 $\pm$ 0.09	14.40 ^a $\pm$ 4.81	59.82 $\pm$ 2.84	5.85 ^b $\pm$ 1.92	827.05 $\pm$ 75.83	45.56 $\pm$ 5.08
Frozen Durian	0.27 $\pm$ 0.07	0.30 $\pm$ 0.15	8.17 ^b $\pm$ 1.31	60.37 $\pm$ 4.72	6.30 ^c $\pm$ 1.71	832.83 $\pm$ 110.43	53.81 $\pm$ 11.70
F-test	NS	NS	**	NS	*	NS	*
C.V. (%)	25.23	25.45	28.75	6.40	38.84	13.06	2.39

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

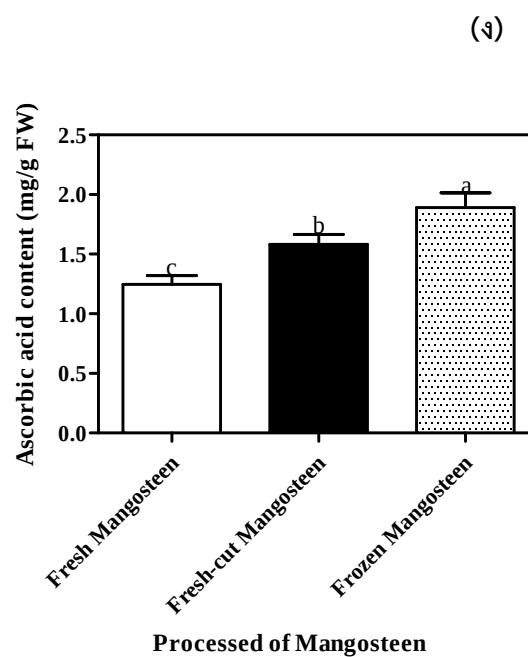
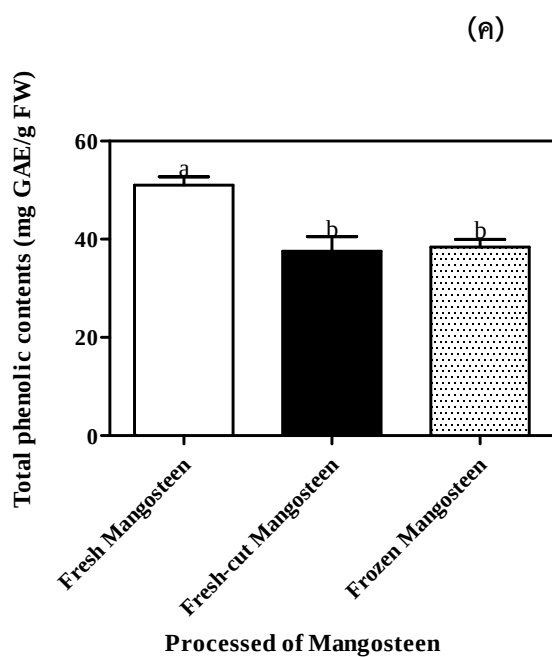
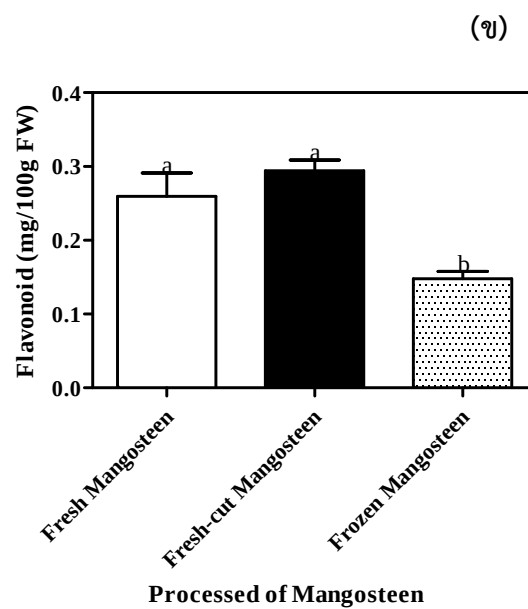
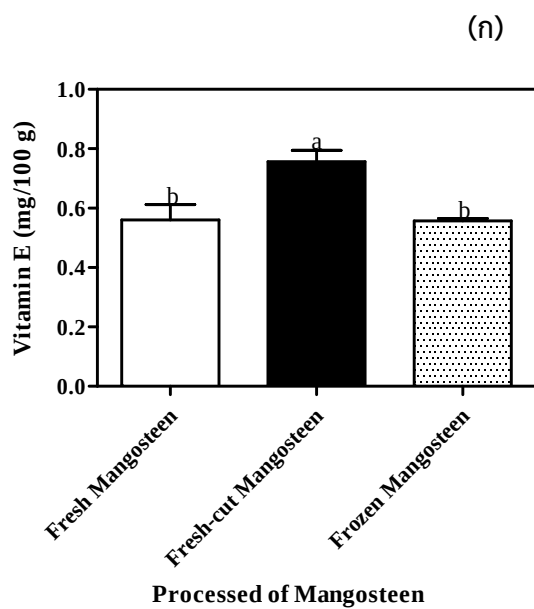
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก a, b แสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในคอลัมน์เดียวกัน

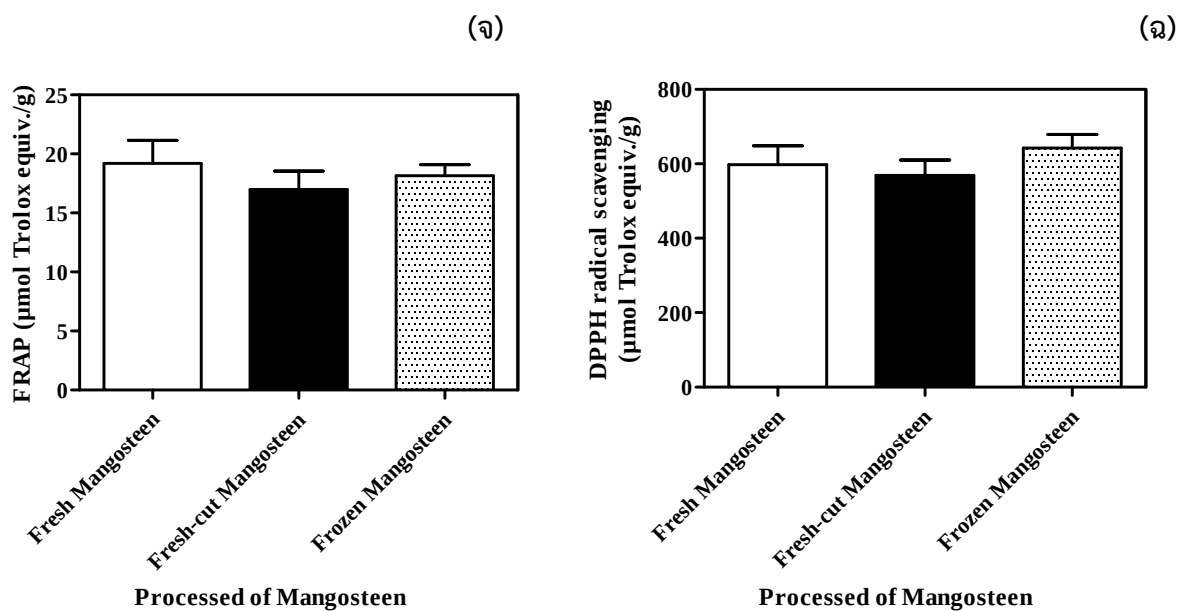
3. มังคุดจากภาคใต้

ศึกษาชนิดและปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในมังคุดจากภาคใต้ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง โดยทำการเก็บตัวอย่างผลไม้ ดังนี้ 1. มังคุดผลสด (Fresh Mangosteen) คือเก็บตัวอย่างมังคุดผลสดจากภาคใต้ 2. มังคุดได้ปอกเปลือกตัดแต่ง (Fresh-cut Mangosteen) คือมังคุดที่ผ่านการปอกเปลือกและตัดแต่งแล้ว 3. มังคุดแช่เยือกแข็ง (Frozen Mangosteen) เป็นมังคุดที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยระบบ IQF แล้ว

มังคุดได้ปอกเปลือกตัดแต่ง มีปริมาณวิตามินอีสูงที่สุดเท่ากับ 0.76 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม รองลงมาได้แก่มังคุดผลสด และมังคุดแช่เยือกแข็ง โดยมีปริมาณวิตามินอีเท่ากันคือ 0.56 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รูปที่ 3 ก) (ตารางที่ 8) มังคุดผลสด และมังคุดปอกเปลือกตัดแต่งมีปริมาณฟลาโวนอยด์มากกว่ามังคุดแช่เยือกแข็งอย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รูปที่ 3 ข) (ตารางที่ 8) โดยมังคุดผลสด และมังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.26 และ 0.29 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม ในขณะที่มังคุดแช่เยือกแข็งมีปริมาณฟลาโวนอยด์ 0.15 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม สำหรับการตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่ามังคุดผลสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดเท่ากับ 51.05 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง รองลงมาได้แก่มังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง และมังคุดแช่เยือกแข็งตามลำดับ ซึ่งพบว่ามังคุดทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 37.59 และ 38.40 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 3 ค) (ตารางที่ 8)

สำหรับปริมาณวิตามินซีในผลมังคุดจากภาคใต้ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด รองลงมาได้แก่มังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง และมังคุดผลสด โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 1.89 1.58 และ 1.25 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (รูปที่ 3 ง) (ตารางที่ 8) การตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดจากภาคใต้ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในผลมังคุดทั้งก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง โดยมังคุดผลสด มังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง และมังคุดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 597.73 568.88 และ 642.09 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 3 ฉ) (ตารางที่ 8) ส่วนกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP พบว่าไม่มีความแตกต่างในผลมังคุดทั้งก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง โดยมังคุดผลสดมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 19.19 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 16.99 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ และมังคุดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 18.16 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ (รูปที่ 3 จ) (ตารางที่ 8) การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอในผลมังคุด พบว่าปริมาณวิตามินเอในมังคุดผลสด มังคุดที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และมังคุดแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดยผลการทดสอบจากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003. (ตารางที่ 7)





รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (ก) ฟลาโวนอยด์ (ข) ฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (จ) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ฉ) ของมังคุดจากภาคใต้ โดย Fresh Mangosteen คือ มังคุดผลสด, Fresh-cut Mangosteen คือ มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็งและ Frozen Mangosteen คือ มังคุดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน a-b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$))

ตารางที่ 7 ปริมาณวิตามินเอ ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$) ของมังคุดจากภาคใต้ โดย Fresh Mangosteen คือมังคุดผลสด, Fresh-cut Mangosteen คือ มังคุดปอกเปลือก ตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และ Frozen Mangosteen คือ มังคุดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ

Treatments	ปริมาณวิตามินเอ ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)
Fresh Mangosteen	<7
Fresh-cut Mangosteen	<7
Frozen Mangosteen	<7

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงวิตามินอี (α -Tocopherol), ฟลาโวนอยด์, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในมังคุดผลสด (Fresh Mangosteen) มังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง (Fresh-cut Mangosteen) และมังคุดแช่เยือกแข็ง (Frozen Mangosteen) จากภาคใต้

Treatments	α -Tocopherol ($\text{mg}/100 \text{ g}$)	Flavonoid ($\text{mg}/100 \text{ g FW}$)	Phenolic acid ($\text{mg GAE}/ \text{g FW}$)	Vitamin C(mg/gFW)	DPPH($\mu\text{molTrol ox equiv.}/\text{g}$)	FRAP($\mu\text{molTrolox equiv.}/\text{g}$)
Fresh Mangosteen	$0.56^b \pm 0.09$	$0.26^a \pm 0.08$	$47.70^a \pm 5.75$	$1.25^c \pm 0.23$	597.73 ± 106.00	19.19 ± 6.18
Fresh-cut Mangosteen	$0.76^a \pm 0.07$	$0.29^a \pm 0.04$	$37.59^b \pm 9.29$	$1.58^b \pm 0.27$	568.88 ± 131.43	16.99 ± 4.95
Frozen Mangosteen	$0.56^b \pm 0.02$	$0.15^b \pm 0.02$	$38.40^b \pm 4.91$	$1.89^a \pm 0.39$	642.09 ± 116.51	18.16 ± 2.97
F-test	*	**	**	**	ns	ns
C.V. (%)	10.36	28.21	6.40	19.30	22.75	26.97

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

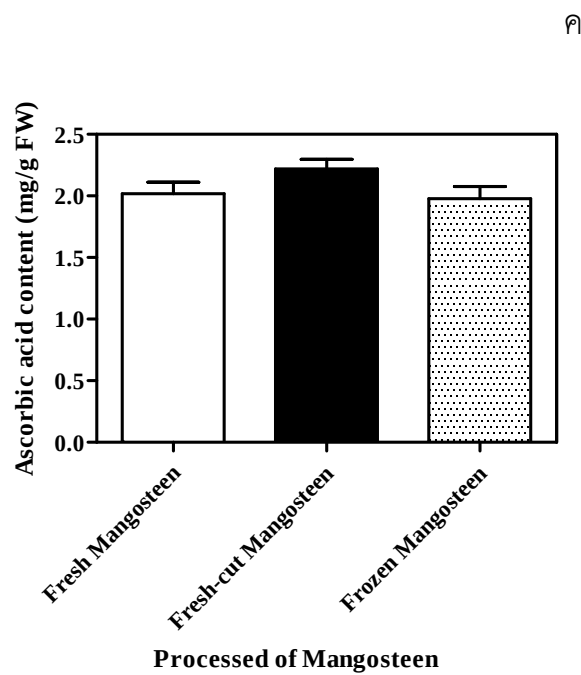
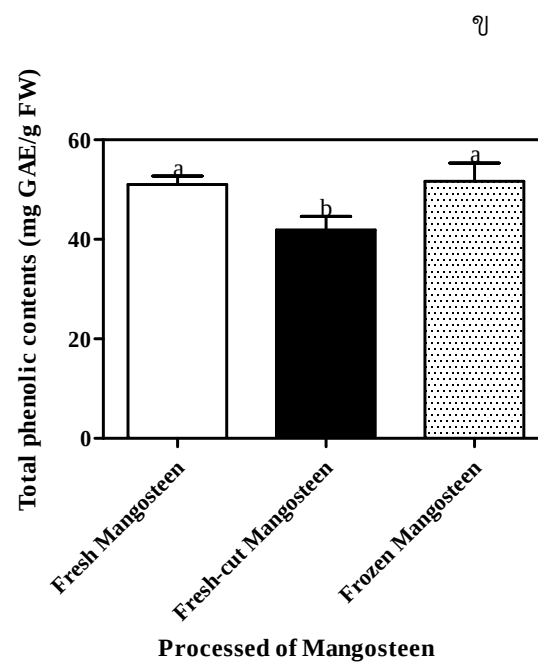
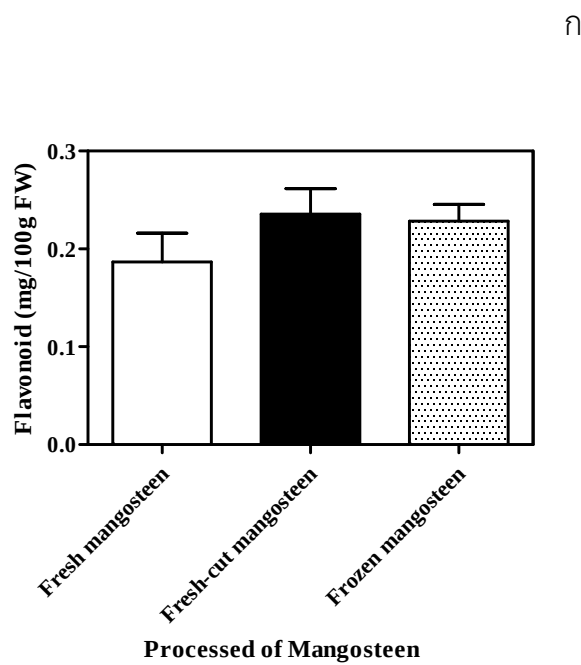
** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

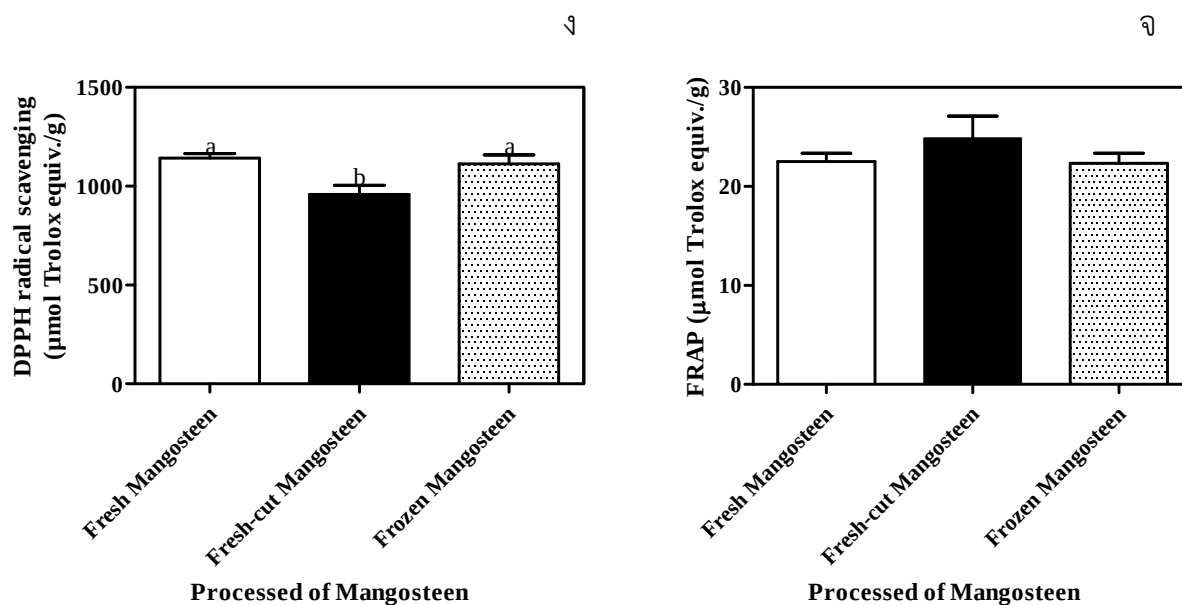
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก a, b แสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในคอลัมน์เดียวกัน

4. มังคุดภาคตะวันออก

มังคุดผลสด (Fresh Mangosteen) มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว (Fresh-cut Mangosteen) และมังคุดที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (Frozen Mangosteen) จากภาคตะวันออก มีปริมาณฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 4 ก) (ตารางที่ 11) โดยมังคุดผลสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.19 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.24 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และมังคุดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.23 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า มังคุดจากภาคตะวันออกผลสด และมังคุดที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่ามังคุดปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว อย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รูปที่ 4 ข) (ตารางที่ 11) โดยมังคุดผลสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 51.25 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และมังคุดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 51.69 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมังคุดทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างกัน ในขณะที่มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 41.89 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง

จากการตรวจสอบปริมาณวิตามินซีในมังคุดตะวันออก พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในมังคุดทั้งสามชุดการทดลอง โดยมังคุดผลสดมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 2.02 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง มังคุดที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 2.22 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และมังคุดแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 1.98 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 4 ค) (ตารางที่ 11) จากการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า มังคุดผลสด และมังคุดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากกว่ามังคุดที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วอย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมังคุดผลสด มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 1144.28 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ และมังคุดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 1113.34 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ โดยมังคุดทั้งสองชุดการทดลองมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่มังคุดที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 958.11 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ (รูปที่ 4 ง) (ตารางที่ 11) สำหรับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของมังคุดตะวันออกก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละชุดทดลอง (รูปที่ 4 จ) (ตารางที่ 11) โดยมังคุดผลสดมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 22.51 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ มังคุดที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 24.88 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ และมังคุดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 22.34 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ สำหรับปริมาณวิตามินอีในมังคุดตะวันออกทุกชุดการทดลอง พบว่า มังคุดผลสด มังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง และมังคุดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดยผลการทดสอบจากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method based on Liquid Chromatographic Analysis of Food and Beverage Vol.2, 1979. (ตารางที่ 9) และการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอในผลมังคุด พบว่าทั้งมังคุดผลสด มังคุดที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และมังคุดแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดยผลการทดสอบจากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003. (ตารางที่ 10)





รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (ก) ฟีนอลิก (ข) วิตามินซี (ค) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ง) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (จ) ของมังคุดจากภาคตะวันออก โดย Fresh Mangosteen คือมังคุดผลสด, Fresh-cut Mangosteen คือมังคุดปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็งและ Frozen Durian คือมังคุดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน a-b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$))

ตารางที่ 9 ปริมาณวิตามินอี (α -Tocopherol) ของมังคุดจากภาคตะวันออก โดย Fresh Mangosteen คือมังคุดผลสด, Fresh-cut Mangosteen คือ มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และ Frozen Mangosteen คือ มังคุดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ

Treatments	α -Tocopherol
	(mg/100 g)
Fresh Mangosteen	<0.05
Fresh-cut Mangosteen	<0.05
Frozen Mangosteen	<0.05

ตารางที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอ (Vitamin A) ของมังคุดจากภาคตะวันออก โดย Fresh Mangosteen คือมังคุดผลสด, Fresh-cut Mangosteen คือ มังคุดปอกเปลือกตัดแต่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และ Frozen Mangosteen คือ มังคุดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ

Treatments	ปริมาณวิตามินเอ
	(μ g/100g)
Fresh Mangosteen	<7
Fresh-cut Mangosteen	<7
Frozen Mangosteen	<7

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในมังคุดผลสด (Fresh Mangosteen) มังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง (Fresh-cut Mangosteen) และมังคุดแช่เยือกแข็ง (Frozen Mangosteen) จากภาคตะวันออก

Treatments	Flavonoid (mg/100 g FW)	Phenolic acid (mg GAE/ g FW)	Vitamin C (mg/gFW)	DPPH (μ molTrolox equiv./g)	FRAP (μ molTrolox equiv./g)
Fresh Mangosteen	0.19 $\pm$ 0.09	51.05 ^a $\pm$ 5.25	2.02 $\pm$ 0.30	1142.28 ^a $\pm$ 68.47	22.51 $\pm$ 1.93
Fresh-cut Mangosteen	0.24 $\pm$ 0.08	41.89 ^b $\pm$ 8.71	2.22 $\pm$ 0.30	958.11 ^b $\pm$ 145.65	24.88 $\pm$ 5.01
Frozen Mangosteen	0.23 $\pm$ 0.05	51.69 ^a $\pm$ 11.47	1.98 $\pm$ 0.31	1113.34 ^a $\pm$ 140.19	22.34 $\pm$ 2.26
F-test	ns	*	ns	**	ns
C.V. (%)	36.13	18.36	13.82	11.50	14.46

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

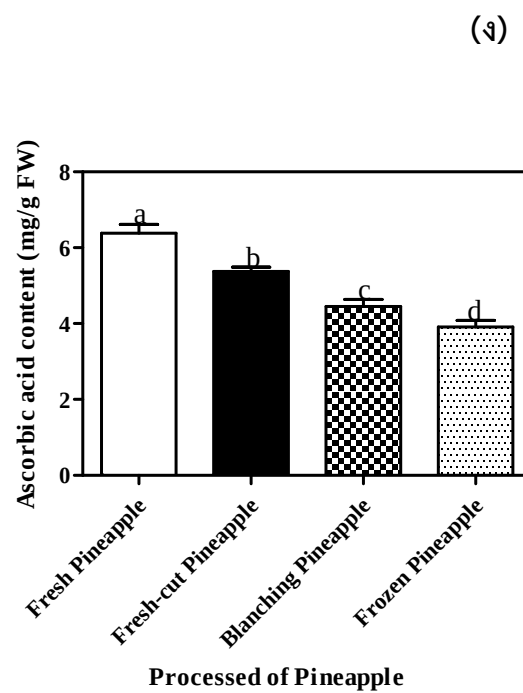
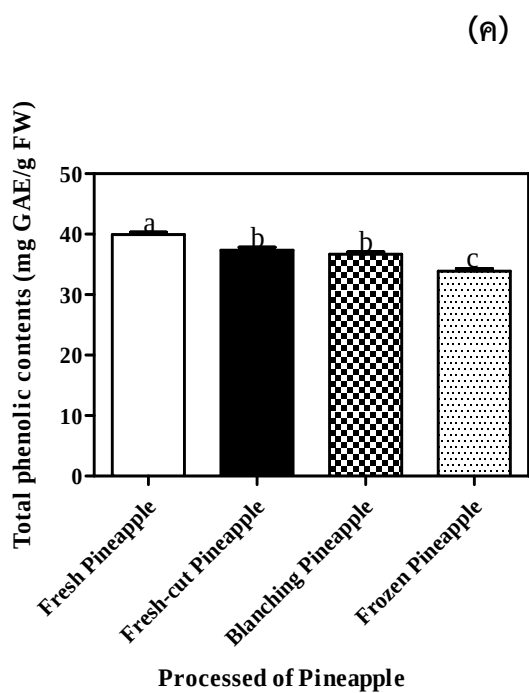
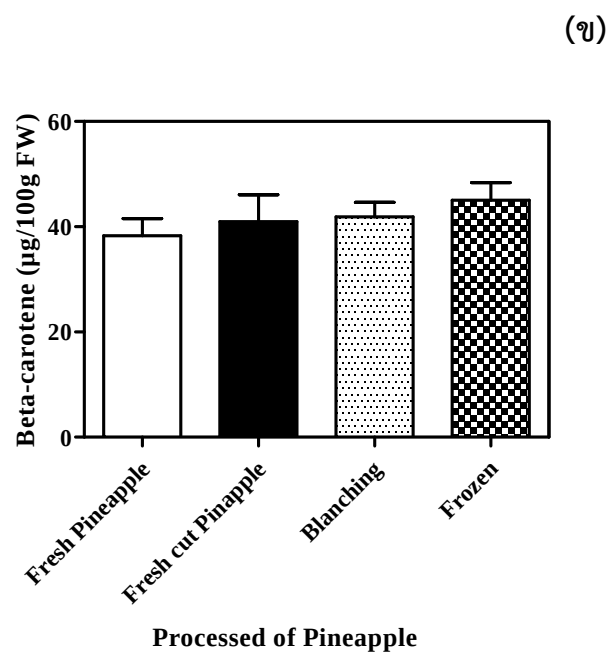
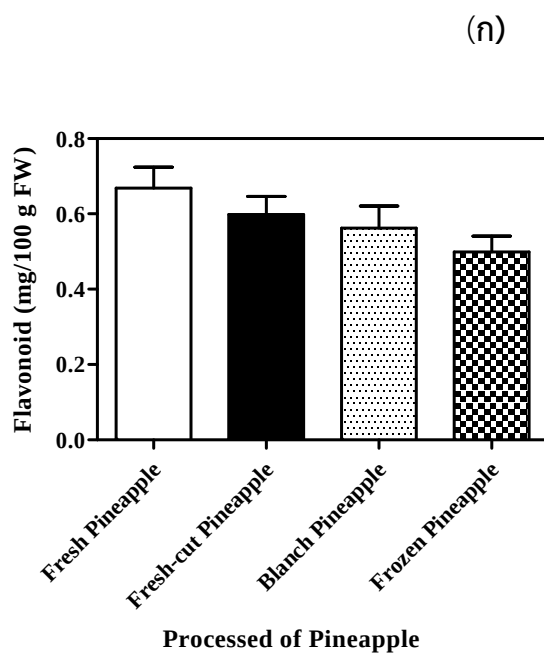
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก a, b แสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในคอลัมน์เดียวกัน

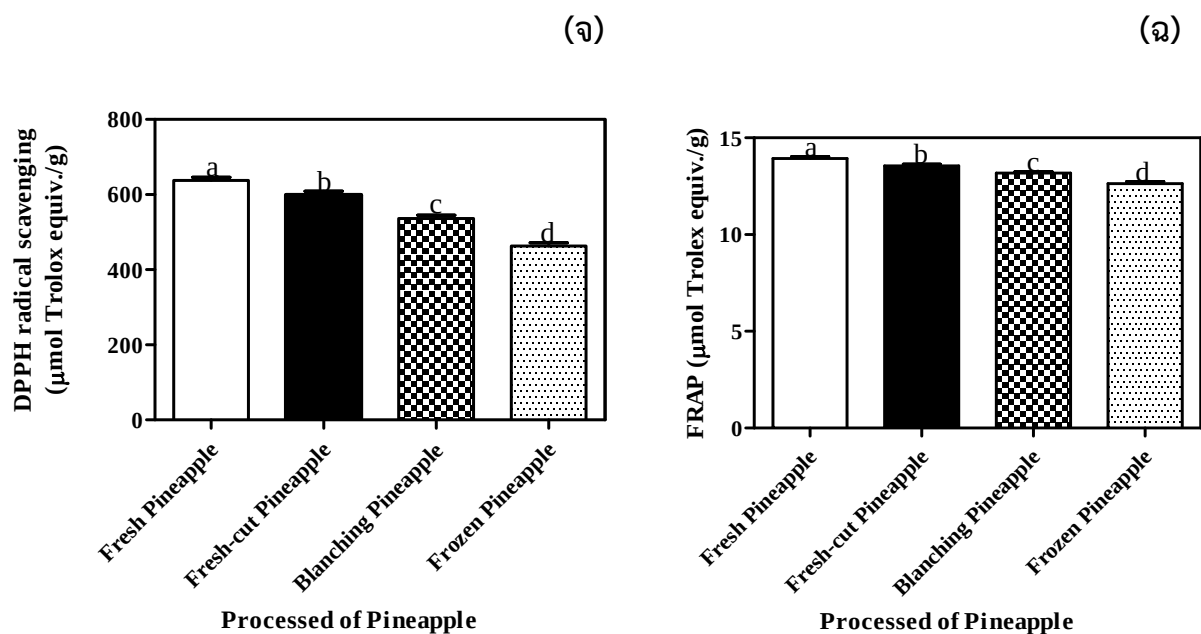
5. สับประรดพันธุ์ตราดสีทอง

ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสับประรดตราดสีทองทั้งก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง ได้แก่ สับประรดสดผลสด (Fresh Pineapple) สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น (Fresh-cut Pineapple) สับประรดตัดแต่งผ่านการลวก (Blanching Pineapple) และสับประรดแช่เยือกแข็ง (Frozen Pineapple) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย สับประรดสดผลสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.67 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้นมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.60 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม สับประรดตัดแต่งผ่านการลวก มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.56 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และสับประรดแช่เยือกแข็งมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม (รูปที่ 5 ก) (ตารางที่ 14) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีนในผลสับประรด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง โดยสับประรดผลสดมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 38.27 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้นมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 41 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม สับประรดตัดแต่งผ่านการลวกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 41.89 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และสับประรดแช่เยือกแข็งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 45.01 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม (รูปที่ 5 ข) (ตารางที่ 14) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสับประรดตราดสีทองก่อนในทุกชุดการทดลอง พบว่าสับประรดผลสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดเท่ากับ 39.93 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด รองลงมาได้แก่ สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น และสับประรดตัดแต่งผ่านการลวก โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 37.35 และ 36.68 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ และสับประรดแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำที่สุดเท่ากับ 33.89 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด (รูปที่ 5 ค) (ตารางที่ 14)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของสับประรดทั้งสี่ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยสับประรดผลสดมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดเท่ากับ 6.38 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด รองลงมาได้แก่ สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 5.37 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด สับประรดตัดแต่งผ่านการลวกมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 4.45 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด และสับประรดแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุดเท่ากับ 3.91 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด (รูปที่ 5 ง) (ตารางที่ 14) สำหรับการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสับประรดผลสดมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดเท่ากับ 637.91 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ รองลงมา ได้แก่ สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 598.63 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ สับประรดตัดแต่งผ่านการลวก มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 536.52 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ และสับประรดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำที่สุดเท่ากับ 462.96 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ (รูปที่ 5 จ) สำหรับการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าสับประรดผลสดมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงที่สุดเท่ากับ 13.94 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ รองลงมา ได้แก่ สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้นมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 13.56 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ สับประรดตัดแต่งผ่านการลวกมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 13.19 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ และสับประรดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ต่ำสุดเท่ากับ 12.63 $\mu\text{molTrolox equiv. /g}$ (รูปที่ 5 ฉ) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี พบว่าปริมาณวิตามินอีในสับประรดทุกชุดการทดลอง ได้แก่ ผลสับประรดสด สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น สับประรดตัดแต่งผ่านการลวก สับประรดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดย

ผลการทดสอบจากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method based on Liquid Chromatographic Analysis of Food and Beverage Vol.2, 1979. (ตารางที่ 12) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอ พบว่าทั้งสับปะรดสดผลสด สับปะรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น สับปะรดตัดแต่งผ่านการลวก สับปะรดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม โดยผลการทดสอบจากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003. (ตารางที่ 13)





รูปที่ 5 ปริมาณฟลาโวนอยด์ (ก) เบต้าแคโรทีน (ข) สารประกอบฟีนอลิก (ค) วิตามินซี (ง) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (จ) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (ฉ) ใน Fresh Pineapple คือ สับประรดผลสด, Fresh-cut Pineapple คือ สับประรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น, Blanching Pineapple คือ สับประรดตัดแต่งผ่านการลวก และ Frozen Pineapple คือ สับประรดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน a-b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$))

ตารางที่ 12 ปริมาณวิตามินอี (α -Tocopherol) ของสับปะรดตราดสีทอง โดย Fresh Pineapple คือสับปะรดผลสด, Fresh-cut Pineapple คือ สับปะรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น, Blanching Pineapple คือสับปะรดตัดแต่งผ่านการลวกและ Frozen Pineapple คือ สับปะรดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ

Treatments	Vitamin E (α -Tocopherol) (mg/100 g)
Fresh Pineapple	<0.05
Fresh-cut Pineapple	<0.05
Blanching Pineapple	<0.05
Frozen Pineapple	<0.05

ตารางที่ 13 ปริมาณวิตามินเอของสับปะรดตราดสีทอง โดย Fresh Pineapple คือสับปะรดผลสด, Fresh-cut Pineapple คือ สับปะรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น, Blanching Pineapple คือสับปะรดตัดแต่งผ่านการลวกและ Frozen Pineapple คือ สับปะรดแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ

Treatments	Vitamin A (μ g/100 g)
Fresh Pineapple	<7
Fresh-cut Pineapple	<7
Blanching Pineapple	<7
Frozen Pineapple	<7

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์, เบต้าแคโรทีน, สารประกอบฟีนอลิก, วิตามินซี, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในสับประรดผลสด (Fresh Pineapple) สับประรดปอกเปลือก ตัดแต่งหั่นชิ้น (Fresh-cut Pineapple) สับประรดตัดแต่งผ่านการลวก (Blanching Pineapple) และสับประรดแช่เยือกแข็ง (Frozen Pineapple)

Treatments	Flavonoid (mg/100 g FW)	Betacarotene (μ g/100 g FW)	Phenolic acid (mg GAE/ g FW)	Vitamin C (mg/gFW)	DPPH (μ molTrolox equiv./g)	FRAP (μ molTrolox equiv./g)
Fresh Pineapple	0.67 $\pm$ 0.18	38.27 $\pm$ 9.72	39.93 ^a $\pm$ 1.35	6.38 ^a $\pm$ 0.74	637.91 ^a $\pm$ 26.98	13.94 ^a $\pm$ 0.30
Fresh-cut Pineapple	0.60 $\pm$ 0.14	41.00 $\pm$ 15.32	37.35 ^b $\pm$ 1.63	5.37 ^b $\pm$ 0.37	598.63 ^b $\pm$ 32.09	13.56 ^b $\pm$ 0.26
Blanching Pineapple	0.56 $\pm$ 0.18	41.89 $\pm$ 8.21	36.68 ^b $\pm$ 1.25	4.45 ^c $\pm$ 0.59	536.52 ^c $\pm$ 25.97	13.19 ^c $\pm$ 0.23
Frozen Pineapple	0.50 $\pm$ 0.13	45.01 $\pm$ 10.06	33.89 ^c $\pm$ 1.31	3.91 ^d $\pm$ 0.56	462.96 ^d $\pm$ 27.55	12.63 ^d $\pm$ 0.36
F-test	ns	NS	**	**	**	**
C.V. (%)	26.57	26.86	3.77	11.47	5.05	2.20

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก a, b แสดงถึงความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในคอลัมน์เดียวกัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพิษเคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และ สับปะรดแช่เยือกแข็ง ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

การเก็บรักษาเนื้อทุเรียน มังคุด และสับปะรด จากภาคใต้และภาคตะวันออกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งใน ถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และในถุงพลาสติกในสภาพสุญญากาศ (VAC) ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญต่างๆ ได้ผลการทดลอง ดังนี้

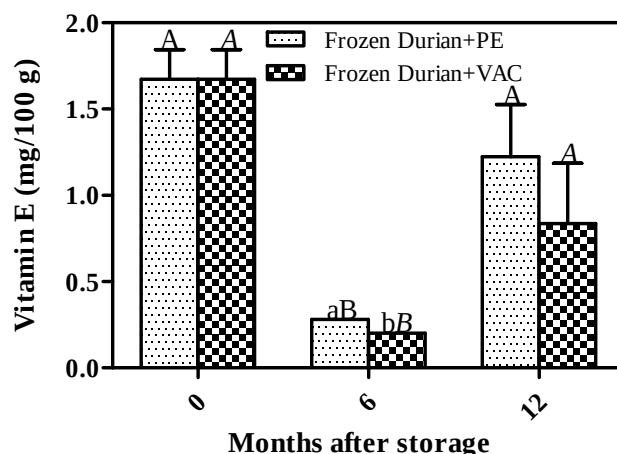
2.1. ทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคใต้

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี

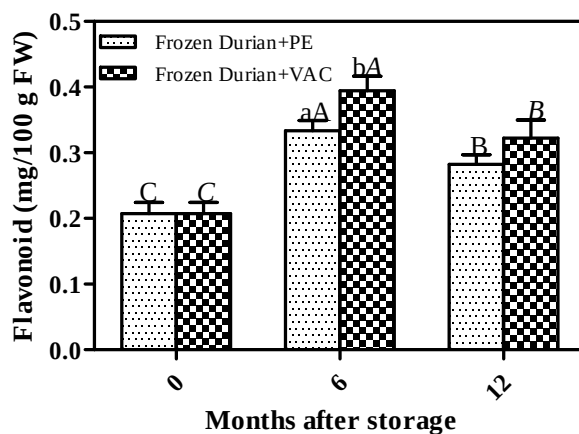
ปริมาณวิตามินอีของทุเรียนจากภาคใต้ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE และถุงพลาสติกในสภาพสุญญากาศ (VAC) มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาภายหลังการทำแช่เยือกแข็งด้วยระบบ IQF พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 1.67 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และในเดือนที่ 6 ของ การเก็บรักษา พบว่าวิตามินอีในตัวอย่างทุเรียนที่บรรจุในถุงทั้ง 2 แบบ มีปริมาณลดลงอย่างมาก โดยที่ทุเรียนแช่ เยือกแข็งที่เก็บในถุง PE มีปริมาณวิตามินอีสูงกว่าทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) อย่างมี ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 คือ ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.28 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าทุเรียนแช่ เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และในถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่าในทุเรียนตอนเริ่มต้นของการเก็บรักษา (เดือนที่ 0) แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างปริมาณวิตามินอีในทุเรียนแช่เยือกแข็งในเดือนที่ 0 และ 12 ของการเก็บรักษา โดยทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 1.22 และ 0.84 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ (รูปที่ 6) (ตารางภาคผนวกที่ 3) จากผลการทดลอง แสดงให้เห็น ว่า แม้ปริมาณวิตามินอีในทุเรียนจะลดลงในระหว่างการเก็บรักษานาน 12 เดือน แต่ยังคงมีปริมาณวิตามินอีไม่ แตกต่างจากทุเรียนเริ่มต้น นอกจากนี้ พบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เพื่อการบรรจุทุเรียนในการทดลองนี้ (ถุง PE หรือถุง VAC) ไม่มีผลชะลอการสูญเสียวิตามินอี

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์

ปริมาณฟลาโวนอยด์ของทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และ VAC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุ เก็บรักษา โดยทุเรียนหลังจากแช่เยือกแข็งก่อนเก็บรักษา มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น โดยทุเรียนแช่เยือก แข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE โดยทุเรียนทั้งสอง ชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.39 และ 0.33 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ และเมื่อ เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าทั้งสองชุดการทดลองปริมาณฟลาโวนอยด์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดย ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.28 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และ ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.32 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม (รูป ที่ 7) (ตารางภาคผนวกที่ 4) จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บ รักษา และการบรรจุทุเรียนในถุง PE หรือถุง VAC ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของฟลาโวนอยด์



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (α -Tocopherol) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



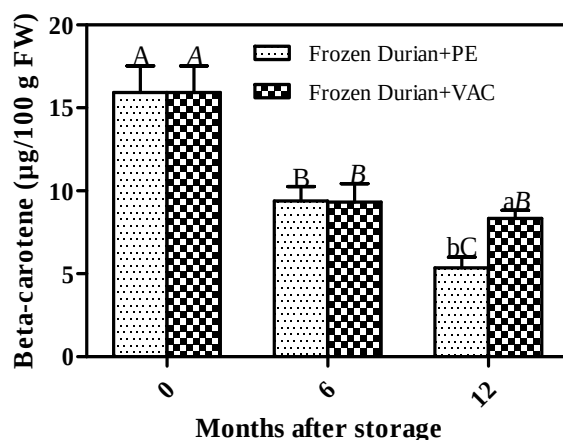
รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน

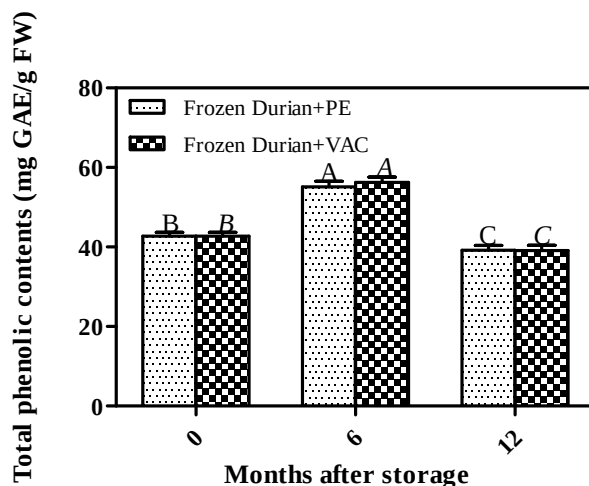
ปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 เดือน มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันเริ่มต้นเก็บรักษาทุเรียนแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลอง มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 15.92 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และเมื่อเก็บรักษา 6 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 9.40 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 9.32 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงต่ำสุดในทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE โดยมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 5.38 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ส่วนทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 8.33 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม (รูปที่ 8) (ตารางภาคผนวกที่ 5) อย่างไรก็ตาม พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ (ถุง PE และถุง VAC) ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีนในระหว่างการเก็บรักษานาน 0-6 เดือน แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าการเก็บรักษาทุเรียนแช่เยือกแข็งในถุง VAC สามารถช่วยชะลอการลดลงของปริมาณเบต้าแคโรทีนได้

2.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในทุเรียนแช่เยือกแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาและลดลงในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษาในทั้งสองชุดการทดลอง และพบว่าการเก็บทุเรียนแช่เยือกแข็งในถุง PE หรือถุง VAC ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา 42.73 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 56.23 และ 55.13 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 39.15 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 40 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 9) (ตารางภาคผนวกที่ 6) จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง (ถุง PE หรือถุง VAC) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของทุเรียนแช่เยือกแข็ง



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



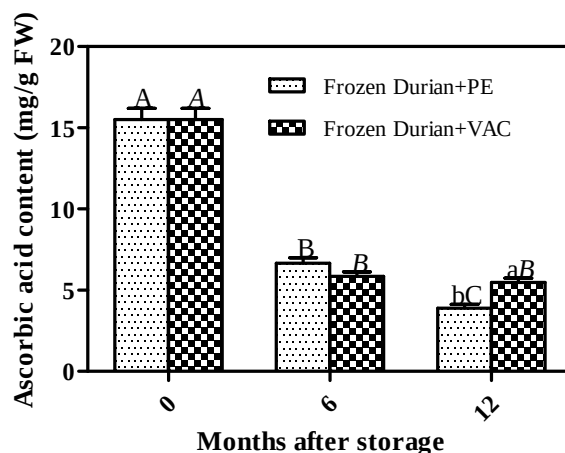
รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิก (Total phenolic contents) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

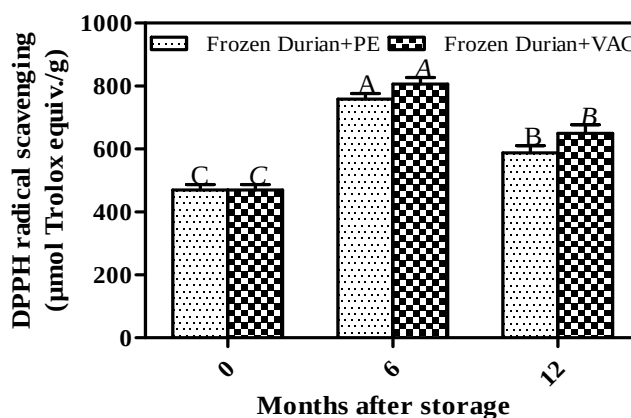
ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และในถุง VAC ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณวิตามินซีลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในวันเริ่มต้นเก็บรักษาทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และในถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.50 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 6.66 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ในขณะที่ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 5.85 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC และถุง PE มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 5.48 และ 3.89 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (รูปที่ 10) (ตารางภาคผนวกที่ 7) จากผลการทดลอง สามารถกล่าวได้ว่า ปริมาณวิตามินซีในทุเรียนแช่เยือกแข็งจะลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น และการเก็บรักษาทุเรียนในถุง VAC จะสามารถช่วยชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีได้เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน

2.1.6 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของทุเรียนแช่เยือกแข็งในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเท่ากับ $469.49 \pm 55.50 \mu\text{mol Trolox equiv./g}$ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดเท่ากับ 759.02 และ 806.46 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษา 12 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 587.51 และ 649.74 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เนื่องจากค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 11) (ตารางภาคผนวกที่ 8)



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid content) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



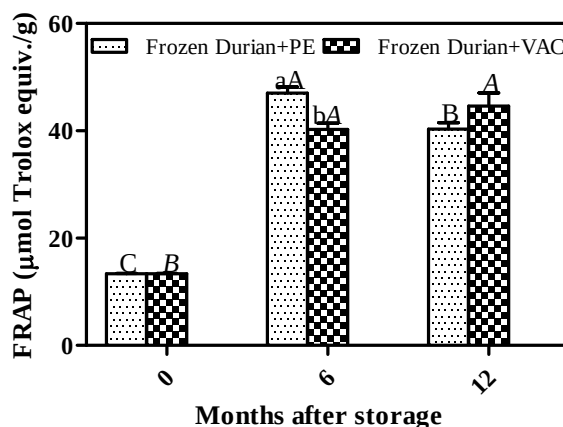
รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.1.7 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของทุเรียนแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดการทดลองที่เก็บรักษาในถุง PE และในถุง VAC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของทุเรียนแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองในวันเริ่มต้นการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ $13.39 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 และ 12 เดือน พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของทุเรียนแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และค่ากิจกรรมที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการเก็บรักษาที่ 6 และ 12 เดือน โดยในเดือนที่ 6 ทุเรียนแช่แข็งที่เก็บในถุง PE และถุง VAC มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 47.05 และ $40.27 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ตามลำดับ และในเดือนที่ 12 ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 40.32 และ $44.64 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 12) (ตารางภาคผนวกที่ 9) นั้นแสดงว่า การเก็บรักษาทุเรียนแช่เยือกแข็งเป็นเวลานานมากกว่า 6 เดือน มีผลทำให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เพิ่มขึ้น แต่ชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุทุเรียนแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

2.1.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอ

จากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเอ ของบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด โดยใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003 พบว่า ปริมาณวิตามินเอในทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน ในถุงพลาสติก PE และถุง VAC มีน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม (ตารางที่ 15)



รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอของทุเรียนจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin A ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)		
	0 month	6 months	12 months
Frozen Durian + PE	<7	<7	<7
Frozen Durian + VAC	<7	<7	<7

หมายเหตุ

^{1/} Fresh Durian + PE คือ ทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท และ Frozen Durian + VAC คือ ทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

2.1.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C มีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา 0 6 และ 12 เดือน ในเดือนที่ 0 ทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 1.61 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และ 12 เดือน ปริมาณไขมันลดลงเหลือร้อยละ 1.37 และ 1.40 ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE พบว่า ในเดือนที่ 6 มีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 1.50 และในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษามีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 1.55 นอกจากนี้พบว่าปริมาณไขมันของทูเรียนแช่เยือกแข็งในถุงทั้งสองชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลอง ทำให้สรุปได้ว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาทูเรียนแช่เยือกแข็ง ไม่มีผลต่อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของทูเรียน

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมัน (Composition of fat) ในทูเรียนใต้แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C พบว่าในเดือนที่ 0 ของการเก็บรักษาหลังจากผ่านกระบวนการแช่แข็งแล้ว ทูเรียนที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณ Triglyceride ร้อยละ 95.7 Diglyceride ร้อยละ 1.0 และ Free fatty acid ร้อยละ 3.3 หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าทูเรียนแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณ Triglyceride ร้อยละ 98.1 Diglyceride ร้อยละ 1.2 และ Free fatty acid ร้อยละ 2.0 และในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่าทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณ Triglyceride ร้อยละ 96.8 และ 97.7 ปริมาณ Diglyceride ร้อยละ 1.6 และ 1.4 ปริมาณ Free fatty acid ร้อยละ 1.6 และ 0.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 16) จากผลการศึกษา พบว่า การเก็บรักษาทูเรียนแช่เยือกแข็งนานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณ Triglyceride และ Diglyceride เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในทางตรงกันข้าม มีผลทำให้ปริมาณ Free fatty acid ลดลง

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน และองค์ประกอบของไขมันของทุเรียนจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	% Fat (Ww)		
	0 month	6 months	12 months
Frozen durian+PE	1.61±0.02	1.50±0.07	1.55±0.08
Frozen durian+VAC	1.61±0.02	1.37±0.13	1.40±0.11

Treatments	Composition of Fat (%)		
	Triglyceride	Diglyceride	Free fatty acid
Frozen durian+PE (0 month)	95.7	1.0	3.3
Frozen durian+VAC (0 month)	95.7	1.0	3.3
Frozen durian+PE (6 months)	98.1	1.2	2.0
Frozen durian+VAC (6 months)	96.8	1.2	2.0
Frozen durian+PE (12 months)	96.8	1.6	1.6
Frozen durian+VAC (12 months)	97.7	1.4	0.9

หมายเหตุ

^{1/} Fresh Durian + PE คือ ทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท และ Frozen Durian + VAC คือ ทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

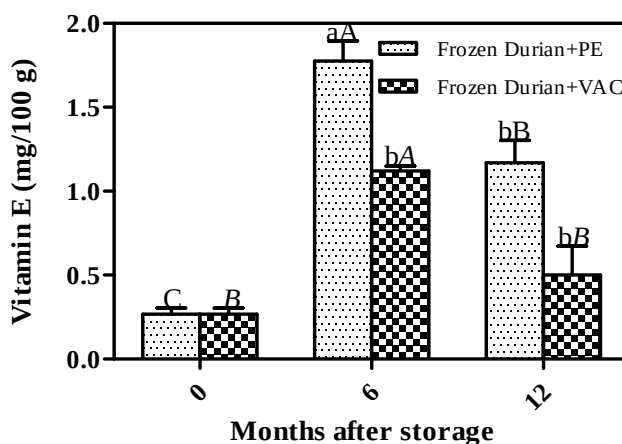
2.2 ทูเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคตะวันออก

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี

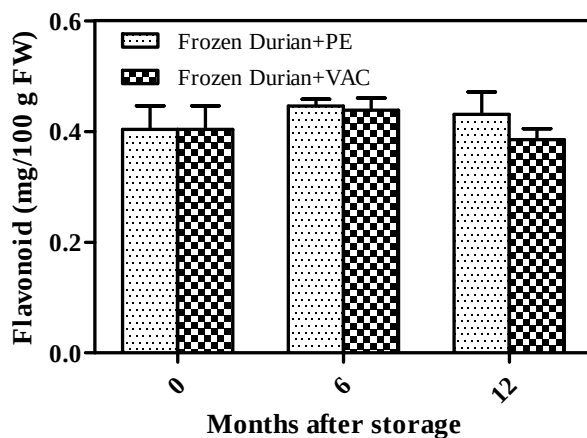
เมื่อทำการเก็บรักษาทูเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออกแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดยการเก็บรักษาในถุง PE และในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) พบว่าทูเรียนแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณวิตามินอีเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยในเดือนแรก (0 เดือน) ทูเรียนแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลอง มีปริมาณวิตามินอีเท่ากันคือ เท่ากับ 0.27 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ในเดือนที่ 6 พบว่าทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณวิตามินอีสูงกว่าทูเรียนที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 1.78 และ 1.12 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณวิตามินอีลดลงเล็กน้อยแต่ยังสูงกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้ในเดือนที่ 0 (ค่าเริ่มต้น) โดยทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณวิตามินอีสูงกว่าที่เก็บรักษาในถุง VAC โดยมีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 1.17 และ 0.50 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ (รูปที่ 13) (ตารางภาคผนวกที่ 10) จากผลการวิเคราะห์ ทำให้ทราบว่า การเก็บรักษาทูเรียนแช่เยือกแข็งเป็นเวลานานขึ้น (6 หรือ 12 เดือน) ทำให้ปริมาณวิตามินอีเพิ่มสูงขึ้น และการบรรจุในถุง PE มีผลทำให้ปริมาณวิตามินอีเพิ่มขึ้นสูงกว่าการเก็บในถุง VAC

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์

ปริมาณฟลาโวนอยด์ของทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดยในวันเริ่มต้นการเก็บรักษา ทูเรียนแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าทูเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.45 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ในขณะที่ทูเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ทูเรียนแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.43 และ 0.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (รูปที่ 14) (ตารางภาคผนวกที่ 11)



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี (α -Tocopherol) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



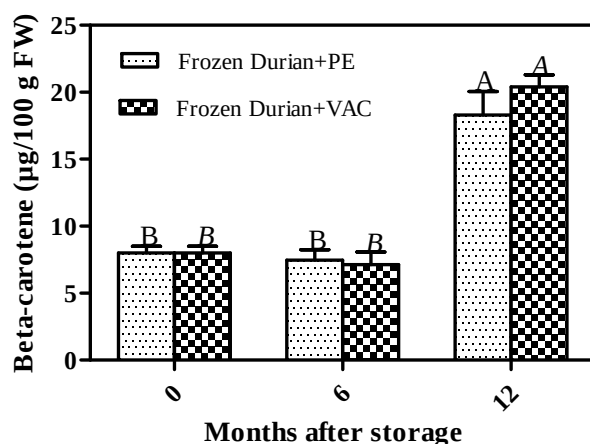
รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน

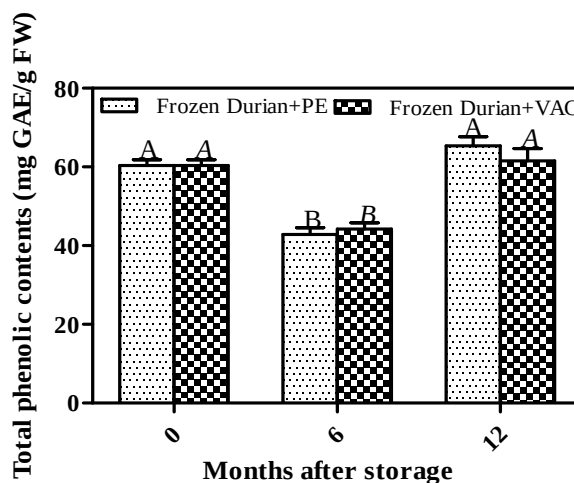
ทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ในวันเริ่มต้นการเก็บรักษามีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 8.01 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเดือนที่ 0 โดยทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ มีค่าเท่ากับ 7.48 และ 7.14 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 18.31 และ 20.42 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ (รูปที่ 15) (ตารางภาคผนวกที่ 12) จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนแช่เยือกแข็งในระหว่างเดือนที่ 0 ถึง 6 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษา และพบว่าชนิดของถุงที่ใช้ในการเก็บรักษาทุเรียนแช่เยือกแข็ง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน

2.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ทุเรียนจากภาคตะวันออกแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเริ่มต้น (เดือนที่ 0) เท่ากับ 60.37 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่าสารประกอบฟีนอลิกในทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 42.81 และ 42.26 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE และถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มสูงขึ้น เท่ากับ 65.37 และ 61.59 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 16) (ตารางภาคผนวกที่ 13) ผลการวิเคราะห์นี้ แสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาทุเรียนแช่เยือกแข็งในถุง PE หรือถุง VAC นาน 0 หรือ 12 เดือน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก



รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



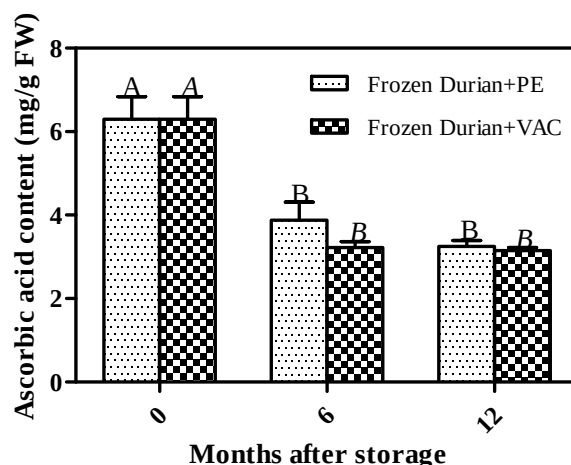
รูปที่ 16 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิก (Total phenolic contents) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

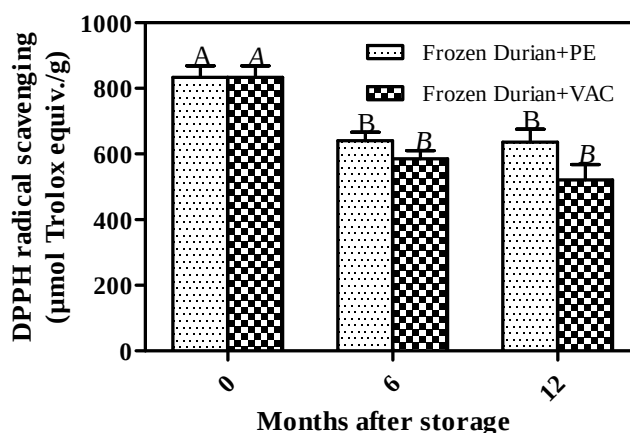
เมื่อทำการเก็บรักษาทุเรียนจากภาคตะวันออกแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดยการเก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC พบว่าปริมาณวิตามินซีของทุเรียนแช่แข็งมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในวันแรกของการเก็บรักษาทุเรียนทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 6.30 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีลดลงเหลือ 3.88 และ 3.26 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แต่ทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนของการเก็บรักษา พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุง PE และถุง VAC มีวิตามินซีลดลงเหลือ 3.25 และ 3.15 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยปริมาณวิตามินซีของทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุงทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 17) (ตารางภาคผนวกที่ 14) ผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาทุเรียนแช่เยือกแข็งในถุง PE หรือถุง VAC ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แต่ปริมาณวิตามินซีจะลดลงตามระยะเวลาในการรักษาที่เพิ่มขึ้น

2.1.6 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยเริ่มต้นเก็บรักษาทุเรียนที่บรรจุในถุงทั้งสองชนิด มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ $833.83 \mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุง PE มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ $640.40 \mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ $585.49 \mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่าทุเรียนแช่แข็งที่เก็บในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 639.49 และ 585.49 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 18) (ตารางภาคผนวกที่ 15)



รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



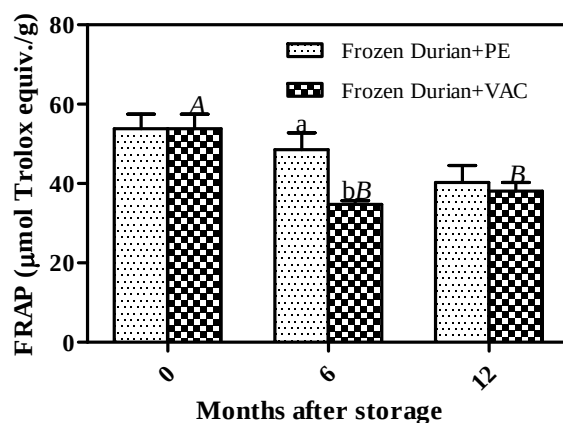
รูปที่ 18 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.1.7 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

เมื่อทำการเก็บรักษาทุเรียนจากภาคตะวันออกมาแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน พบว่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของทุเรียนแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในเดือนแรกของการเก็บรักษาทุเรียนแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลอง มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ $53.81 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงกว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC (มีค่าเท่ากับ 48.55 และ $37.78 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ตามลำดับ) และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 12 เดือน พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของทุเรียนตะวันออกแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (มีค่าเท่ากับ 40.27 และ $38.13 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 19) (ตารางภาคผนวกที่ 16) ผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในทุเรียนแช่เยือกแข็งจะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ชนิดของถุงที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP ได้

2.1.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเอ ของบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003 พบว่า ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE หรือถุง VAC นาน 0 6 และ 12 เดือน มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม (ตารางที่ 17)



รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างพรีติเมนต์และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

ตารางที่ 17 ปริมาณวิตามินเอของทุเรียนจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin A ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)		
	0 month	6 months	12 months
Frozen Durian + PE	<7	<7	<7
Frozen Durian + VAC	<7	<7	<7 g

หมายเหตุ

^{1/} Fresh Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

2.1.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและองค์ประกอบของไขมัน

ปริมาณไขมันในทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE หรือถุง VAC นาน 0-12 เดือน มีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 0.91-1.47 ในเดือนแรกของการเก็บรักษา (0 เดือน) ทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณไขมันเริ่มต้นร้อยละ 1.10 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุงพลาสติก PE และถุง VAC มีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 1.47 และ 1.32 โดยทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณไขมันในทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุงพลาสติก PE และถุง VAC มีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 0.97 และ 0.91 ตามลำดับ ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมัน (Composition of fat) ในทุเรียน พบว่าในเดือนที่ 0 ของการเก็บรักษา ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณ Triglyceride ร้อยละ 93.1 Diglyceride ร้อยละ 2.9 และ Free fatty acid ร้อยละ 4.0 ส่วนในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา ทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณ Triglyceride ร้อยละ 96.9 และ 97.3 Diglyceride ร้อยละ 1.5 และ 1.3 ส่วน Free fatty acid มีปริมาณร้อยละ 1.6 และ 1.4 ตามลำดับ หลังจากนั้นในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่าทุเรียนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณ Triglyceride ร้อยละ 98.93 เท่ากันทั้งสองชุดทดลอง ปริมาณ Diglyceride ร้อยละ 0.4 และ 0.5 Free fatty acid ร้อยละ 0.63 และ 0.60 ตามลำดับ (ตารางที่ 18) จากผลการทดลอง พบว่าชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมันในทุเรียนแช่เยือกแข็ง แต่การเก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น (6-12 เดือน) มีผลทำให้ปริมาณ Triglyceride เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ Diglyceride และ Free fatty acid ลดลง

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและองค์ประกอบของไขมันของทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	% Fat (Ww)		
	Months after storage		
	0	6	12
Frozen Durian + PE	1.10	1.47	0.97
Frozen Durian + VAC	1.10	1.32	0.91

Treatments ^{1/}	Composition of Fat (%)		
	Triglyceride	Diglyceride	Free fatty acid
Frozen Durian + PE (0 month)	93.1	2.9	4.0
Frozen Durian + VAC (0 month)	93.1	2.9	4.0
Frozen Durian + PE (6 month)	96.9	1.5	1.6
Frozen Durian + VAC (6 month)	97.3	1.3	1.4
Frozen Durian + PE (12 month)	98.93	0.4	0.63
Frozen Durian + VAC (12 month)	98.93	0.5	0.6

หมายเหตุ

^{1/} Fresh Durian + PE คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท และ Frozen Durian + VAC คือทุเรียนแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

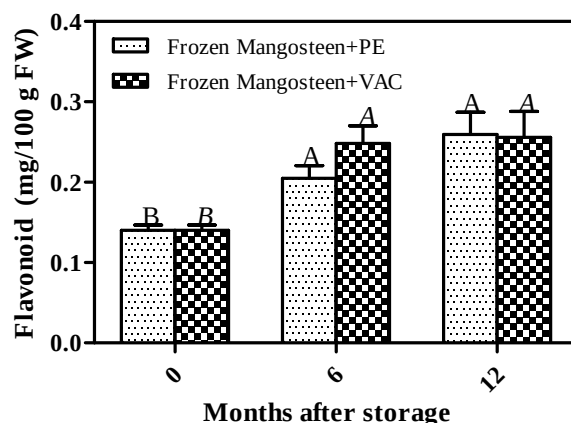
2.3 มังคุดจากภาคใต้

2.3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์

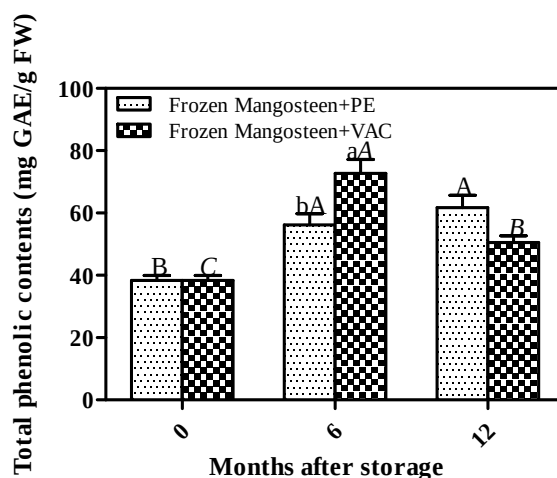
เมื่อทำการเก็บรักษามังคุดจากภาคใต้แช่เยือกแข็งในถุง PE และถุง VAC ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0-12 เดือน พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (0 เดือน) มังคุดแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.56 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม โดยในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา มังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงเหลือ 0.20 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม ตามลำดับ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษา 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.34 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม (รูปที่ 20) (ตารางภาคผนวกที่ 17) จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อที่เก็บรักษานานขึ้น แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดแช่เยือกแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 38.40 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 และ 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเท่ากับ 56.18 และ 61.69 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับมังคุดแช่แข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเดือนที่ 6 และ 12 เท่ากับ 72.71 และ 50.53 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบการเก็บรักษาทั้งสองแบบพบว่า ในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา มังคุดที่เก็บในถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE (รูปที่ 21) (ตารางภาคผนวกที่ 18) ผลการศึกษาสามารถกล่าวได้ว่า สารประกอบฟีนอลิกจะเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษานาน 6 เดือน โดยเฉพาะการเก็บรักษาในถุง VAC จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าถุง PE จากนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน



รูปที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ของมังคุดแช่แข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



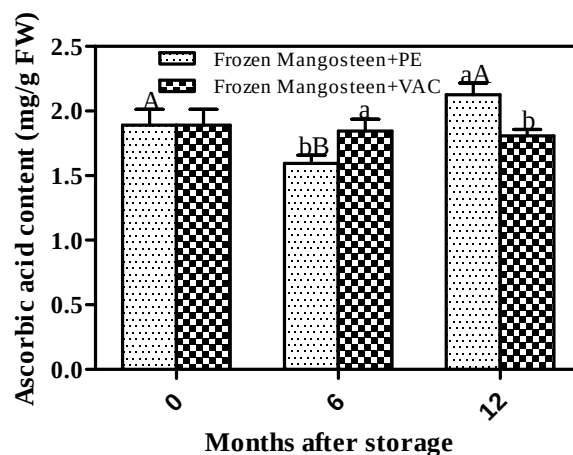
รูปที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Total phenolic contents) ของมังคุดแช่แข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

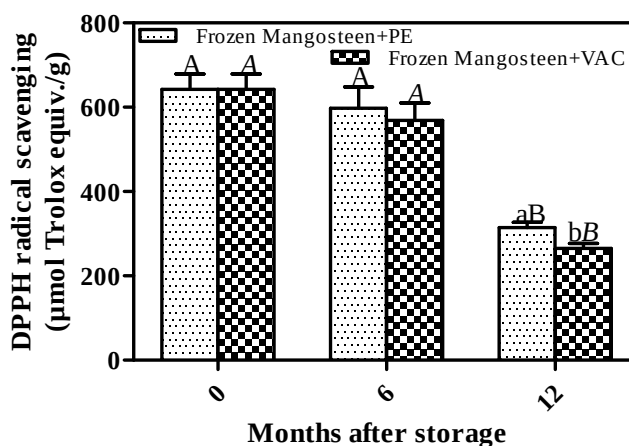
การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของมังคุดได้แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C พบว่า มังคุดได้แช่เยือกแข็งทั้งที่เก็บในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 1.89 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่ามังคุดแช่แข็งที่เก็บในถุง PE มีปริมาณวิตามินซี 1.60 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด ซึ่งน้อยกว่าในมังคุดที่เก็บในสภาพสุญญากาศ (VAC) อย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 1.84 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่แข็งที่เก็บในถุง PE มีปริมาณวิตามินซี 2.13 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด ในขณะที่มังคุดที่เก็บในสภาพสุญญากาศ (VAC) มีปริมาณวิตามินซี 1.80 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด ปริมาณวิตามินซีของมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีสูงกว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (รูปที่ 22) (ตารางภาคผนวกที่ 19) ดังนั้น จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อาจไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี เนื่องจากค่าที่วิเคราะห์ได้มีรูปแบบที่ไม่คงที่

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

จากการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของมังคุดแช่เยือกแข็งด้วยวิธี DPPH พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในเดือนที่ 0 และ 6 ของการเก็บรักษา มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษา กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาของมังคุดทั้งสองชุดการทดลองมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ $642.09 \mu\text{molThrox equiv. /g}$ และในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา มังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงเหลือ 597.73 และ 568.88 $\mu\text{molThrox equiv. /g}$ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดแช่เยือกแข็งลดลงไปอีก โดยมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่ามังคุดที่เก็บรักษาในถุง VAC โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 314.14 และ 264.81 $\mu\text{molThrox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 23) (ตารางภาคผนวกที่ 20) ดังนั้นผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้น และการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุงทั้งสองชนิดไม่มีผลช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในระหว่างการเก็บรักษานาน 6 เดือน แต่หากเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือน หรือ 1 ปี ควรเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE จะช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าถุง VAC



รูปที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของมังคุดแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



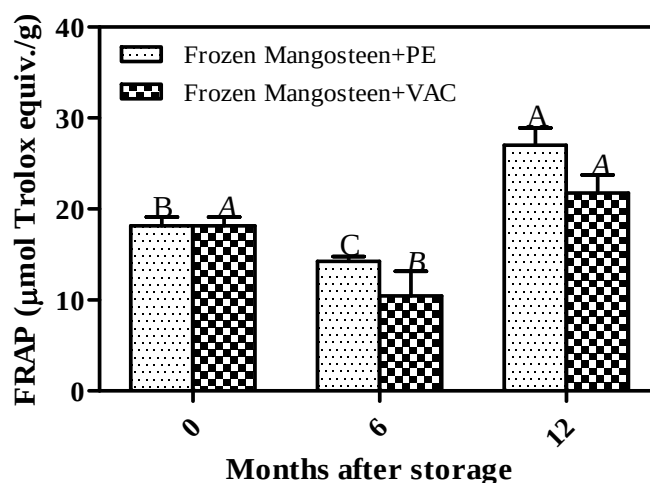
รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดแช่เยือกแข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.3.5 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในมังคุดแช่เยือกแข็งด้วยวิธี FRAP พบว่าในเดือนที่ 0 ของการเก็บรักษา มังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ $18.16 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ และในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ลดลงเล็กน้อยคือมีค่าเท่ากับ 14.24 และ $10.46 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ตามลำดับ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เพิ่มขึ้น เท่ากับ 27.00 และ $21.75 \mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 24) (ตารางภาคผนวกที่ 21) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นโดยเฉพาะนานถึง 12 เดือน แต่ชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP

2.3.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี

การเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE และถุง VAC ที่ -20 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน พบว่าในเดือนแรกของการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.56 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดมีปริมาณวิตามินอีลดลงโดยมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท มีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.34 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการเก็บรักษาในถุง PE และ VAC (ตารางที่ 19) (ตารางภาคผนวกที่ 22) ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุและระยะเวลาในการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็ง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี



รูปที่ 24 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของมังคุดแช่แข็งจากภาคใต้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

ตารางที่ 19 ปริมาณวิตามินอีของมังคุดจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin E (mg/100 g)		
	0 month	6 months	12 months
Frozen Mangosteen + PE	0.56	<0.05	0.34
Frozen Mangosteen + VAC	0.56	0.20	0.40

หมายเหตุ

^{1/} Fresh Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

2.3.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเอ ของบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition (2003) พบว่า มังคุดได้แช่เยือกแข็งที่เก็บในถุงพลาสติก PE และในถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ปริมาณวิตามินเอของมังคุดจากภาคใต้ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin A (µg/100 g)		
	0 month	6 months	12 months
Frozen Mangosteen+PE	<7	<7	<7
Frozen Mangosteen+VAC	<7	<7	<7

หมายเหตุ

^{1/} Fresh Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิท และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

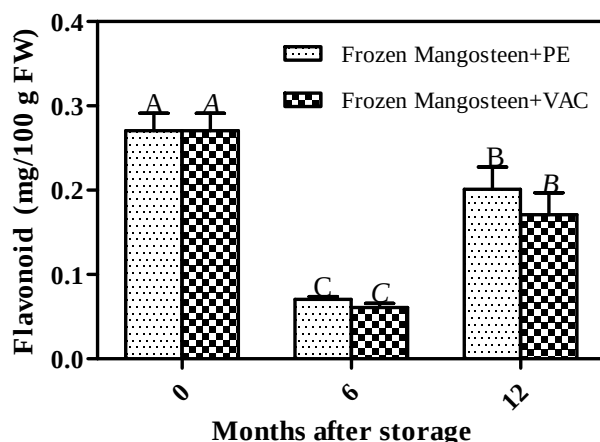
2.4 มังคุดภาคตะวันออก

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์

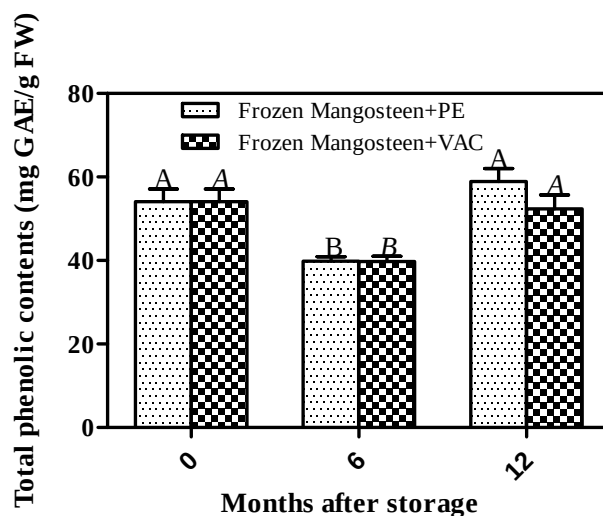
มังคุดจากภาคตะวันออกที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE หรือถุง VAC ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามังคุดทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.27 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 และ 12 เดือน พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ของมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ โดยในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE และถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลง คือมีค่าเท่ากับ 0.07 และ 0.06 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษามังคุดตะวันออกแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE และถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น คือมีค่าเท่ากับ 0.20 และ 0.17 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม (รูปที่ 25) (ตารางภาคผนวกที่ 23) อย่างไรก็ตามในภาพรวมแล้วพบว่า มังคุดแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ที่อุณหภูมิ -20°C พบว่ามีการลดลงในเดือนที่ 6 และเพิ่มสูงขึ้นในเดือนที่ 12 ซึ่งในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 54.08 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุง PE และถุง VAC ลดลงเหลือ 39.83 และ 39.75 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง โดยทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใกล้เคียงกับวันแรกของการเก็บรักษา (เดือนที่ 0) คือมีค่าเท่ากับ 58.87 และ 52.38 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (รูปที่ 26) (ตารางภาคผนวกที่ 24) จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดของถุงที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดแช่เยือกแข็ง



รูปที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



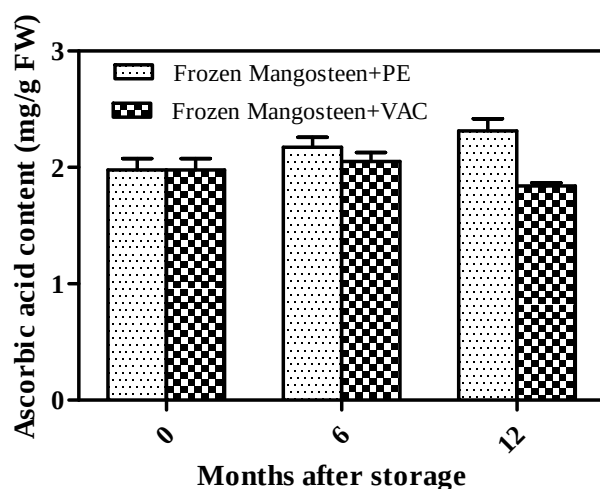
รูปที่ 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

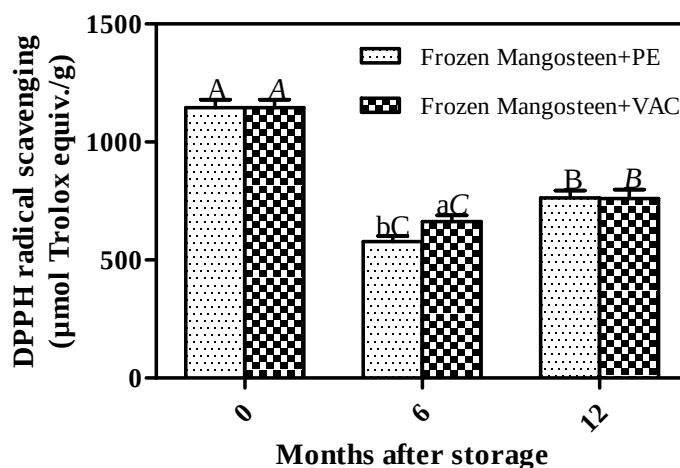
ปริมาณวิตามินซีของมังคุดที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 1.98 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่ามังคุดแช่แข็งที่เก็บในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับวันแรก คือมีค่าเท่ากับ 2.17 และ 2.05 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมังคุดที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 2.31 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด และมังคุดที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 1.84 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างสด (รูปที่ 27) (ตารางภาคผนวกที่ 25)

2.4.4 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

เมื่อตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของมังคุดแช่เยือกแข็งด้วยวิธี DPPH พบว่าในเดือนแรกของการเก็บรักษา มังคุดแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เริ่มต้น เท่ากับ 1145.98 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6-12 เดือน พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในมังคุดแช่เยือกแข็งลดลงอย่างมากและมีความแตกต่างทางสถิติกับค่ากิจกรรมในวันแรก ในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าที่เก็บรักษาในถุง PE โดยทั้งสองชุดการทดลองมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 518.76 และ 662.60 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 763.70 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 760.68 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ (รูปที่ 28) (ตารางภาคผนวกที่ 26) ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุด ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือนขึ้นไป และพบว่าชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ



รูปที่ 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)



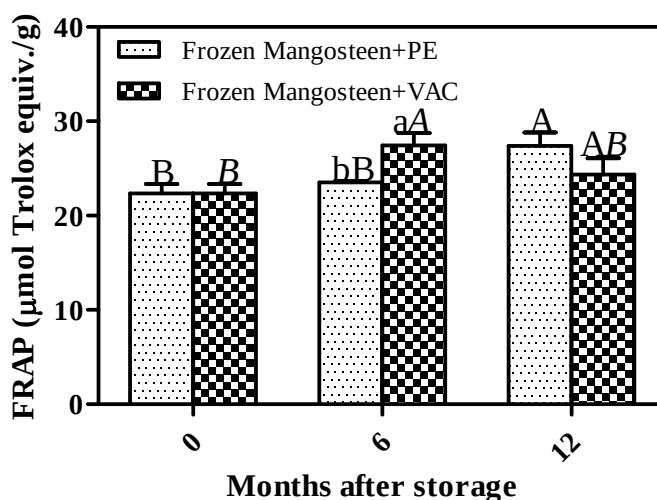
รูปที่ 28 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.4.5 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

จากการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของมังคุดแช่เยือกแข็ง พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในวันเริ่มต้นการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 22.34 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 23.52 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ในขณะที่มังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (ถุง VAC) มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 27.45 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงที่สุดเท่ากับ 27.37 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ และมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บในสภาพสุญญากาศ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงที่สุดเท่ากับ 24.34 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ (รูปที่ 29) (ตารางภาคผนวกที่ 27) จากผลการทดลองพบว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ได้ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีรูปแบบไม่คงที่

2.4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี

ปริมาณวิตามินอีในวันเริ่มต้นของมังคุดแช่เยือกแข็ง (เดือนที่ 0) มีปริมาณน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า มังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิทและถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีเท่ากับ 0.20 และ 0.23 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ในขณะที่มังคุดตะวันออกแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ในถุงพลาสติก PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม (ตารางที่ 21) (ตารางภาคผนวกที่ 28) จากข้อมูลที่ได้จะเห็นว่าปริมาณวิตามินอีในมังคุดมีค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุได้ว่าระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งและชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอีได้



รูปที่ 29 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของมังคุดแช่แข็งจากภาคตะวันออก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

ตารางที่ 21 ปริมาณวิตามินอีของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin E (α -Tocopherol) (mg/100 g)		
	Months after storage		
	0	6	12
Frozen Mangosteen+PE	<0.05	$0.22^b \pm 0.00$	<0.05
Frozen Mangosteen+VAC	<0.05	$0.23^a \pm 0.00$	<0.05

หมายเหตุ

^{1/} Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

2.4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอ

จากผลการทดสอบปริมาณวิตามินเอในมังคุด โดยใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003 พบว่ามังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก PE และถุง VAC ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน มีปริมาณวิตามินเอต่ำมาก คือมีค่าน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ปริมาณวิตามินเอของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin A (µg/100 g)		
	Months after storage		
	0	6	12
Frozen Mangosteen+PE	<7	<7	<7
Frozen Mangosteen+VAC	<7	<7	<7

หมายเหตุ

^{1/} Frozen Mangosteen + PE คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Mangosteen + VAC คือมังคุดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

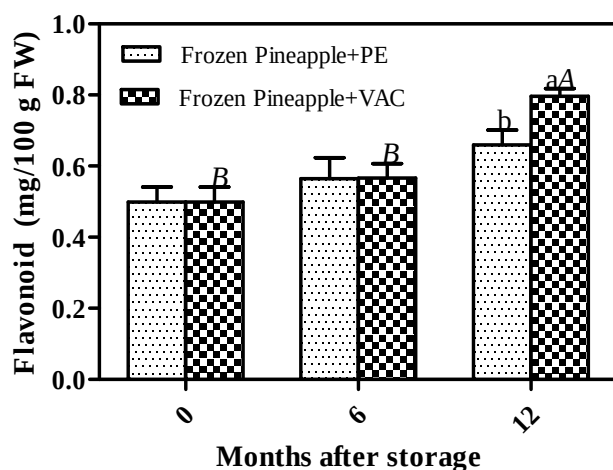
2.5 สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

2.5.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์

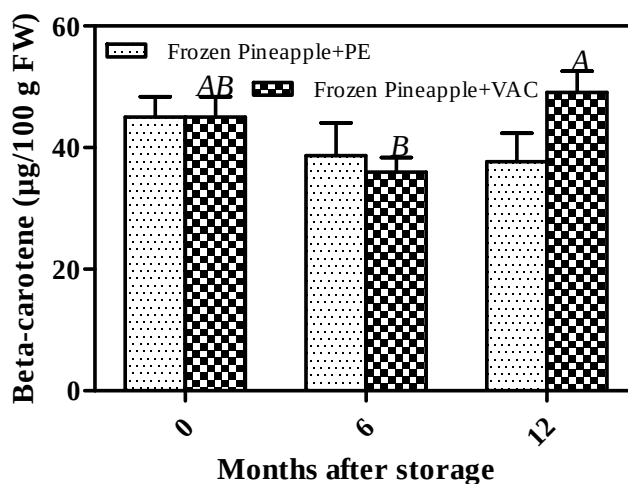
การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดยทำการเก็บรักษาในถุง PE และถุงในสภาพสุญญากาศ (VAC) พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา สับปะรดแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ในสับปะรดมีค่าใกล้เคียงกับในเดือนที่ 0 โดยสับปะรดที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.56 และ 0.57 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ในสับปะรดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าในเดือนที่ 0 และ 6 และพบว่าสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์มากกว่าที่เก็บรักษาในถุง PE อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.80 และ 0.66 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม ตามลำดับ (รูปที่ 30) (ตารางภาคผนวกที่ 29) จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสับปะรดแช่เยือกแข็งเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะการเก็บรักษาในถุง VAC จะมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าการเก็บในถุง PE

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา พบว่าสับปะรดแช่แข็งมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 45.01 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า สับปะรดแช่เยือกแข็งลดลงเล็กน้อย โดยที่สับปะรดที่เก็บในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณเบต้าแคโรทีน 38.68 และ 35.98 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า สับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บในถุง PE และ VAC มีปริมาณเบต้าแคโรทีน เพิ่มขึ้น คือเท่ากับ 37.66 และ 49.07 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม (รูปที่ 31) (ตารางภาคผนวกที่ 30) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณเบต้าแคโรทีนของสับปะรดที่บรรจุในถุงทั้งสองชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และไม่สามารถระบุได้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน



รูปที่ 30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ของสับปะรดพันธุ์ตราสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Pineapple + PE คือสับปะรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Pineapple + VAC คือสับปะรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



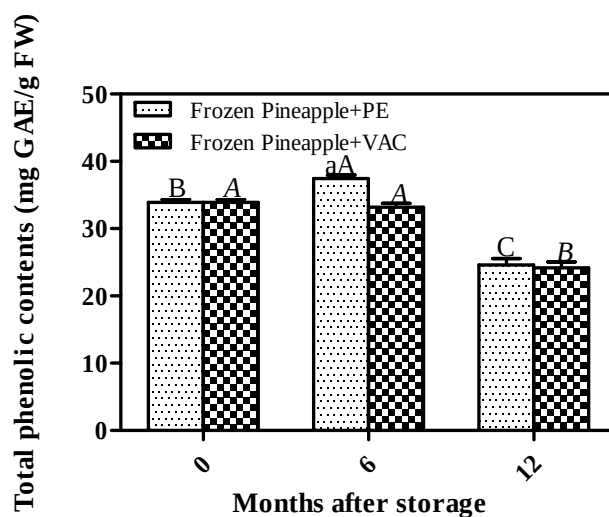
รูปที่ 31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีนของสับปะรดพันธุ์ตราสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Pineapple + PE คือสับปะรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Pineapple + VAC คือสับปะรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.5.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

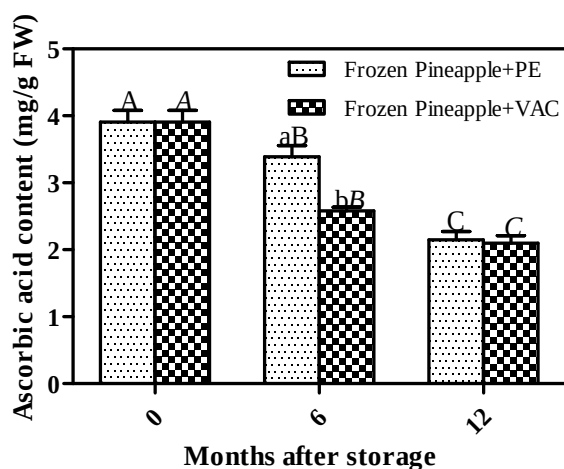
สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ เดือน 12 มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ดังนั้น ในเดือนที่ 0 ของการเก็บรักษาสับปะรดทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 33.89 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าสับปะรดชุดที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าชุดที่เก็บในถุง VAC โดยสับปะรดที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 37.46 และ 33.19 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณฟีนอลิกในสับปะรดที่บรรจุในถุงทั้งสองชนิดลดลง โดยที่สับปะรดที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเหลือ 24.59 และ 24.18 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (รูปที่ 32) (ตารางภาคผนวกที่ 31)

2.5.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ เดือน 12 มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่า ในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินซี 3.91 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณวิตามินซีลดลง แต่จะพบว่าสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC อย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 3.39 และ 2.58 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณวิตามินซีลดลงน้อยกว่าในเดือนที่ 6 ซึ่งสับปะรดแช่เยือกแข็งชุดที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 2.15 และ 2.10 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (รูปที่ 33) (ตารางภาคผนวกที่ 32) จากผลการทดลองนี้ กล่าวได้ว่าปริมาณวิตามินซีในสับปะรดแช่เยือกแข็งจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่ยังไม่อาจจะบอกได้ว่าการลดลงของวิตามินซีนี้นั้นจะเป็นผลมาจากชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา



รูปที่ 32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสับประรดพันธุ์ตราสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Pineapple + PE คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Pineapple + VAC คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



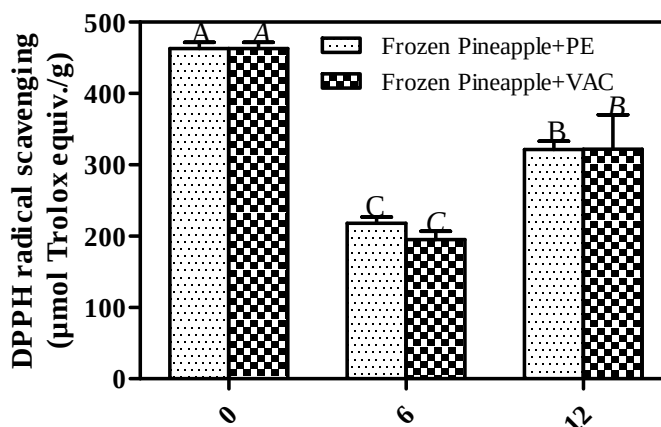
รูปที่ 33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของสับประรดพันธุ์ตราสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Pineapple + PE คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Pineapple + VAC คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.5.5 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

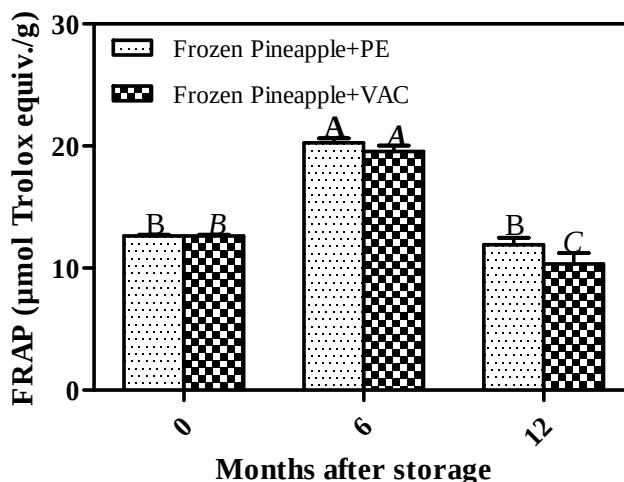
กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสับปะรดแช่แข็งทุกชุดทดลองมีแนวโน้มลดลง โดยในวันเริ่มต้นการเก็บรักษา สับปะรดที่บรรจุในถุง PE หรือถุง VAC มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 462.96 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา สับปะรดแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดทดลองมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงประมาณ 2 เท่า ของค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในวันเริ่มต้น โดยสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 218.08 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ในขณะที่สับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 195.07 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน สับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 321.59 และ 321.92 $\mu\text{mol Trolox equiv./g}$ ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าสับปะรดที่บรรจุในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (รูปที่ 34) (ตารางภาคผนวกที่ 33)

2.5.6 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา (เดือนที่ 0) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของสับปะรดแช่เยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 12.63 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น โดยสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 19.57 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ในขณะที่สับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงที่สุดเท่ากับ 20.27 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดต่ำลงจนมีค่าใกล้เคียงกับในเดือนที่ 0 คือ สับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) และถุง PE มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 10.34 และ 11.92 $\mu\text{mol Trolox equiv. /g}$ ตามลำดับ (รูปที่ 35) (ตารางภาคผนวกที่ 34) นอกจากนี้พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ (ถุง PE และถุง VAC) ไม่มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP



รูปที่ 34 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสับประรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Pineapple + PE คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Pineapple + VAC คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)



รูปที่ 35 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของสับประรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน โดย Frozen Pineapple + PE คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen Pineapple + VAC คือสับประรดแช่เยือกแข็งเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC) (ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน a, b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างทรีตเมนต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน A, B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง PE และตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอน A,B แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาของตัวอย่างที่เก็บในถุง VAC)

2.5.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในสับปะรดแช่เยือกแข็ง โดยใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method based on Liquid Chromatographic Analysis of Food and Beverage Vol.2, 1979 พบว่าสับปะรดแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุง PE และถุง VAC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 0 6 และ 12 เดือน มีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม (ตารางที่ 23)

2.5.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินเอ

ผลการตรวจสอบปริมาณวิตามินเอในสับปะรดแช่เยือกแข็ง โดยใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003 พบว่าปริมาณวิตามินเอในสับปะรดตราดสีทองแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุง PE และ VAC ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 6 และ 12 เดือน มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 ปริมาณวิตามินอี (α -Tocopherol) ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin E (mg/100 g)		
	0 month	6 months	12 months
Frozen Pineapple + PE	<0.05	<0.05	<0.05
Frozen Pineapple + VAC	<0.05	<0.05	<0.05

หมายเหตุ

^{1/} Frozen pineapple + PE คือสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen pineapple + VAC คือสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงวิตามินเอ (Vitamin A) ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments ^{1/}	Vitamin A (μ g/100 g)		
	0 month	6 months	12 months
Frozen Pineapple + PE	<7	<7	<7
Frozen Pineapple + VAC	<7	<7	<7

หมายเหตุ

^{1/} Frozen pineapple + PE คือสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และ Frozen pineapple + VAC คือสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ (VAC)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกระบวนการตัดแต่งและการแช่เยือกแข็งต่อปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทุเรียน มังคุด และสับปะรด

ทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากภาคใต้และภาคตะวันออก

สารประกอบฟีนอลิก เบต้าแคโรทีน ฟลาโวนอยด์ วิตามินอี วิตามินซี จัดเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ (Bioactive compound) ของทุเรียน ทั้งนี้ในการทำทุเรียนแช่เยือกแข็งนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาคุณค่าทั้งทางกายภาพและสารอาหารและคุณค่าทางอาหาร โดยผลของการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของอาหาร คือ การที่เซลล์อาหารถูกทำลายจากการเติบโตของผลึกน้ำแข็ง สี กลิ่นหรือสารอาหารได้รับผลกระทบน้อยมากจากการแช่แข็ง แต่อาจสูญเสียในระหว่างการเตรียมการก่อนแช่แข็งหรือระหว่างการเก็บรักษา (Hui et al., 2006) จากผลการทดลองพบว่า การตัดแต่งหั่นชิ้นและการแช่เยือกแข็ง มีผลทำให้วิตามินอีเพิ่มสูงขึ้นทั้งในทุเรียนจากภาคใต้และภาคตะวันออก โดยปริมาณวิตามินอีในทุเรียนจากภาคใต้มีปริมาณสูงกว่าทุเรียนภาคตะวันออกประมาณสี่เท่า ในผลไม้ชนิดอื่น ทุเรียนจากภาคตะวันออกมีปริมาณปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าทุเรียนจากภาคใต้ ทั้งนี้กระบวนการตัดแต่งและแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยสารฟลาโวนอยด์หลายชนิดที่พบในทุเรียนหมอนทอง เช่น catechin, epicatechin 3-gallate, kaemferol, myricetin (รัชนิ และคณะ, 2552) ฟลาโวนอยด์สามารถเข้าไปยับยั้งการทำงานของกระบวนการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระต่างๆในร่างกาย พิษสามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ไว้สำหรับป้องกันตัวเองให้รอดพ้นจากศัตรูพืชและแสงแดด วริญ เจริญศิริ และรัชนิ คงฉาย (2550) รายงานว่าปริมาณสารอาหารต่างๆมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก เนื่องมาจากปัจจัยของกระบวนการก่อนการเก็บเกี่ยว กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนวิธีการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีผลอย่างมากต่อคุณค่าสารอาหารชนิดต่างๆในผลไม้ Klein และ Perry (1982) รายงานว่าแสงสว่าง อากาศและอุณหภูมิในระหว่างการเจริญเติบโตมีผลต่อปริมาณวิตามินซีและสารในกลุ่มคาโรทีนอยด์ของผลไม้ เป็นที่น่าสนใจว่าทุเรียนที่ตัดแต่งหั่นชิ้นมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าผลสดและที่แช่เยือกแข็ง เบต้าแคโรทีนเป็นสารประกอบประเภทแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบในธรรมชาติในผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง ส้ม แดง และเป็น precursor ของวิตามินเอ และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Gardner et al., 2000; Bramley et al., 2003) ทั้งนี้ความสุกแก่ของผลไม้ในระยะต่างๆมีผลต่อปริมาณการสังเคราะห์สารพฤกษเคมี และปริมาณสารประกอบคาโรทีนอยด์ (Spanos and Wrolstad, 1990; Spanos et al.; Speirs และ Brady, 1991) ความแตกต่างของปริมาณเบต้าแคโรทีนมักขึ้นอยู่กับระยะการสุกแก่ ดิน น้ำ อากาศเขตที่ปลูก โดยเฉพาะระยะสุกสุกแก่มีผลอย่างมากต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน ถ้าผลทุเรียนสุกมากก็จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมาก รัชนิและคณะ (2552) รายงานถึงปริมาณแคโรทีนอยด์ในผลทุเรียนสายพันธุ์เดียวกันแต่มีปริมาณสารต่างกัน ผลทุเรียนที่ใช้ในงานวิจัยนี้อาจมีการแปรปรวนในเรื่องของวัยระยะสุกแก่ของผล ผลทุเรียนชุดตัดแต่งหั่นชิ้นอาจมีระยะสุกมากกว่าผลสดและผลแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้ทุเรียนจากภาคใต้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าทุเรียนภาคตะวันออก

ทุเรียนมีสารซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด โดยพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น โดยพบ caffeic acid, p-coumaric, sinamic เป็นต้น การตัดแต่งหั่นชิ้นและการแช่เยือกแข็งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในทุเรียนทั้งจากภาคใต้และภาคตะวันออก โดยทุเรียนจากภาคตะวันออกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าทุเรียนจากภาคใต้ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferante et al. (2009) พบว่าผักกาดแก้วที่ผ่านการตัดแต่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่า โดยปริมาณฟีนอ

ลิกที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP โดยทั่วไปผลไม้ในธรรมชาติมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด และอนุมูลอิสระจะทำลายโครงสร้างและหน้าที่ของผนังเซลล์ทำให้เกิดความผิดปกติต่างๆในร่างกายได้ ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระถือว่ามีความสำคัญต่อกระบวนการออกซิไดส์อนุมูลอิสระ หรือสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบการป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่ต่างกันไป โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดออกซิเจน (singlet oxygen quenching) เป็นต้น โดยสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี เบต้าแคโรทีน ฟลาโวนอยด์ วิตามินอี จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสามารถป้องกันอนุมูลอิสระออกซิเจนทั้งภายในและภายนอกเซลล์ (บุหรัน และคณะ, 2553) จากการตรวจสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAP จะเห็นว่าทุเรียนที่เปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็งแต่ผลสดและแช่เยือกแข็งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP โดยทุเรียนที่เปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณเบต้าแคโรทีน โดยสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มหลักในพืชที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มาก ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์กับอนุมูลอิสระ โดยสารโพลีฟีนอลจะให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระทำให้เป็นกลาง ส่วนโพลีฟีนอลที่เสียอิเล็กตรอนไปแล้ว จะรวมตัวกันเองเกิดเป็นสารโพลีฟีนอลใหม่ที่เสถียร (Tsao R., 2010; Visioli et al., 2011) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีบทบาทสำคัญต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน เมื่อปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในทุเรียนจากภาคใต้ มีความสอดคล้องกับ Cano และ Marino, 1992; Maria et al., 1992; De Ancos et al., 2000 ซึ่งรายงานว่ากระบวนการแช่แข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในสตรอเบอร์รี่ (Sahari et al., 2004) ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีของผลทุเรียนสดมีปริมาณสูงสุดและมีปริมาณลดลงเมื่อผ่านกระบวนการตัดแต่ง และปริมาณวิตามินซีไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง เช่นเดียวกับผลราสเบอร์รี่และถั่วลิสงเตาที่มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง (Bonwick และ Birch, 2013) Muller และ Hipper (1987); Liseiwka และคณะ (1996); Mazafar (1993) พบว่าการใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงทำให้ผักและผลไม้มีปริมาณวิตามินซีลดลง และการเพิ่มโปตัสเซียมในปุ๋ยทำให้มีวิตามินซีเพิ่มขึ้นสองถึงสามเท่า (Nagy, 1980) ดังนั้นสภาพอุณหภูมิ ดินฟ้าอากาศ ปุ๋ยเป็นปัจจัยภายนอกก่อนการเก็บเกี่ยวที่สำคัญที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ ส่วนปัจจัยหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วัช การเก็บเกี่ยว การเกิดรอยขีดข่วน ทำให้วิตามินซีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่มีรอยตำหนิ ทุเรียนที่ผ่านการตัดแต่งหั่นชิ้นจึงมีปริมาณวิตามินซีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนผลสด

มั่งคุด

เนื้อมั่งคุดจากภาคใต้ปริมาณมีปริมาณวิตามินอีสูงกว่ามั่งคุดจากภาคตะวันออก ทั้งนี้ปริมาณวิตามินอีในเนื้อมั่งคุดจากภาคตะวันออกมีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 mg/100 g ปริมาณวิตามินเอในมั่งคุดจากทั้งสองภาคมีปริมาณน้อยกว่า 7 µg/100g จากการตรวจวัดค่าได้จากวิธีใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-024 based on compendium of methods for food analysis Thailand, 1st Edition, 2003 ดังนั้นจาก

การศึกษาต่างๆที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า สภาพสิ่งแวดล้อม สภาพอุณหภูมิ ดินฟ้าอากาศ ปัจจัยอื่นๆ เช่นการขนส่ง ระยะเวลาของการเก็บเกี่ยว ความสุข การเก็บรักษา ตลอดจนสภาพอุณหภูมิ ปุ๋ย การเตรียมตัวอย่าง วิธีวิเคราะห์ วิธีการสุ่มตัวอย่าง เป็นปัจจัยที่มีอิทธิต่อคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ ซึ่งสอดคล้องกับหลายการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นมีผลทำให้ได้สารอาหารที่แตกต่างกัน (Chun et al.; Singh et al.; Chun และ Eitenmiller, 2006) และมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการเช่นเดียวกัน สำหรับผลการวิเคราะห์พลาโวนอยด์ในมังคุด พบว่ามังคุดตัดแต่งมีปริมาณพลาโวนอยด์สูงกว่าผลสดที่ไม่ได้ตัดแต่งทั้งในมังคุดจากภาคใต้และภาคตะวันออก ทั้งนี้เนื่องจากระยะของความสุข สิ่งแวดล้อม และปัจจัยอื่นๆดังที่กล่าวมาแล้วมีผลอย่างมากต่อปริมาณพลาโวนอยด์ในผลไม้ ดังนั้นการตรวจสอบปริมาณสารอื่นๆประกอบกันไปด้วยอาจจะช่วยให้ได้ข้อมูลที่ดี (Romer et al., 2000; Mercadante และ Rodriguez-Amaya, 1993; Wilberg และ Roderiguez-Amaya, 1995; Raffo et al., 2004; Ratiporn et al., 2009) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลมังคุด

มังคุดจากภาคตะวันออก (2.02 ± 0.3 mg/g FW) มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ามังคุดจากภาคใต้ (1.25 ± 0.3 mg/g FW) โดยมังคุดจากภาคใต้มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยปกติปริมาณวิตามินซีจะลดลงหลังจากกระบวนการปอกเปลือกและตัดแต่ง ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต สภาพในการเก็บรักษา (Gil et al., 2006) เช่นในแครอท เซลารี มันฝรั่ง มีปริมาณวิตามินซีลดลงภายหลังกระบวนการตัดแต่ง แต่ไม่พบการลดลงของปริมาณวิตามินซีในกะหล่ำแดง แรดิช และมันฝรั่งหวานเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วันที่ 15°C (Reyes et al., 2007) มีงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาผลของการตัดแต่งหั่นชิ้นต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในผลไม้ (Wright และ Kader, 1997; Gil et al., 2006) โดยศึกษาผลของการปอกเปลือก ตัดแต่ง หั่นชิ้นต่อปริมาณวิตามินซีในผลไม้หลายชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 9 วัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีภายหลังการตัดแต่งหั่นชิ้นมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต เช่น ขึ้นสับปะรดมีปริมาณ ascorbic acid ลดลงแต่มีการเพิ่มขึ้นของ dehydroascorbic acid ทำให้ผลการวิเคราะห์ซึ่งตรวจสอบในรูป Total ascorbic acid (ascorbic acid + dehydroascorbic acid) มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดที่ไม่ได้ตัดแต่งเช่นเดียวกันกับผลของสตรอเบอร์รี่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณวิตามินซีที่เพิ่มขึ้นในมังคุดจากภาคใต้ ซึ่งแสดงผลในรูป total ascorbic acid อาจเนื่องมาจากปริมาณ dehydroascorbic acid ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP สำหรับสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในมังคุดได้แก่ พลาโวนอยด์ Kaempferol Epicatechin Apigenin Hesperitin (รัชนี และคณะ, 2552) โดยประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของมังคุดภาคตะวันออกสูงกว่ามังคุดจากภาคใต้ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดภาคตะวันออกสูงกว่ามังคุดจากภาคใต้

สับปะรด

งานวิจัยนี้วิเคราะห์สารสำคัญในสับปะรดผลสด สับปะรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น สับปะรดตัดแต่งผ่านการลวก (Blanching) และสับปะรดแช่เยือกแข็ง โดยสับปะรดที่ผ่านการลวกเพื่อเป็นการทำ Pretreatment มีวัตถุประสงค์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme) โดยความร้อนจากการลวกจะทำลายเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย เช่น เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) การหืน (rancidity) จากปฏิกิริยา hydrolytic rancidity และกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ การลวกไม่เพียงแต่ยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้โดยทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ polyphenoloxidase,

lipoxxygenase and peroxidase แต่การลวกยังสามารถรักษากลิ่น รสชาติได้ นอกจากนั้นการลวกยังทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงด้วย (Miller และ Rice, 1996) ความร้อนที่ใช้ในการลวกมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในพืช Ismail (2004) รายงานว่าการลวกเป็นเวลา 1 นาทีทำให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของผักคะน้า ผักโขม และกะหล่ำปลีลดลง เป็นผลมาจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ลดลงเนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกสลายตัวได้ง่ายเมื่อเจอความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก วิตามินซี ลดลงตลอดกระบวนการตั้งแต่สับประรดผ่านการตัดแต่งหั่นชิ้น (Fresh cut) ผ่านการลวก (Blanching) และแช่เยือกแข็ง (Frozen) และการลวกนี้มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP Oluwafunmilayo และคณะ (2012) รายงานว่าการลวกมีผลต่อการลดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเป็นอย่างมากในผักใบ เช่น ผักโขม กระบวนการตัดแต่ง หั่นชิ้นมีผลต่อการลดลงของปริมาณวิตามินซีในมะเขือเทศพันธุ์ Durinta ซึ่งเมื่อยังไม่ได้ตัดแต่งหั่นชิ้นมีปริมาณวิตามินซี 212.3 ± 1.5 mg/Kg แต่เมื่อผ่านการตัดแต่งหั่นชิ้นแล้วพบว่ามีปริมาณวิตามินซี 204.8 ± 9.0 mg/Kg แต่ในมะเขือเทศพันธุ์ Pitenza และ Rambo พบว่ากระบวนการตัดแต่งหั่นชิ้นไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี (Odriozola Serrano et al., 2008) กระบวนการตัดแต่งหั่นชิ้นมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) โดยการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกนั้นเพื่อลดการสูญเสีย และป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ (Cantos et al., 2001a; Reyes et al., 2007) แต่ทั้งนี้การตอบสนองของพืชต่อการตัดแต่งหั่นชิ้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เช่น ผักกาด แครอท มันฝรั่ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อผ่านการตัดแต่ง ในขณะที่ผักกะหล่ำม่วง แรดิช มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงหลังการตัดแต่งหั่นชิ้น (Reyes et al., 2007)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญใน ทูเรียน มังคุด และสับประรดแช่เยือกแข็ง ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เพื่อการบรรจุผลไม้แช่แข็งในการทดลองนี้ใช้ถุงพลาสติก PE ปิดสนิทและถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (vacuum, VAC) โดยการเก็บรักษาแบบสุญญากาศ เป็นการเอาอากาศออกจากบรรจุภัณฑ์ทำให้ลดผลกระทบของการเกิดออกซิเดชัน การเกิดการออกซิเดชันเป็นกระบวนการที่ก๊าซออกซิเจนสร้างปฏิกิริยาทางเคมีที่มีผลกระทบกับความสดใหม่และคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของผลไม้โดยรวม โดยทั่วไปอากาศเป็นศัตรูของความสดของอาหาร ออกซิเจนและความชื้นในอากาศทำให้อาหารเกิดการเสื่อมสภาพ ถุงสุญญากาศสามารถชะลอตัวของการเน่าเสียและการเสื่อมสภาพจากการช่วยในการควบคุมเชื้อราและการเจริญเติบโตของแบคทีเรียให้ช้าลง งานวิจัยนี้พบว่าในการเก็บรักษาทูเรียน และมังคุดแช่แข็งในถุง PE และ VAC ไม่มีผลในการชะลอการสูญเสียวิตามินอี และทูเรียนที่เก็บรักษาในถุง VAC มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าชุดที่เก็บใน PE โดยในระหว่างการเก็บรักษาที่ -20°C เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณวิตามินอีและเบต้าแคโรทีนของผลทูเรียนแช่แข็งที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในทางเดียวกัน เนื่องจากวิตามินอีและเบต้าแคโรทีนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในส่วนที่เป็นไขมัน สามารถละลายได้ในไขมันและตัวทำละลายไขมัน (Kurilich และ Juvic, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไขมันที่ตรวจพบว่ามีปริมาณลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเช่นกัน เบต้าแคโรทีนเป็น precursor ของวิตามินเอ จัดเป็นสาร antioxidant carotenoid สารประกอบเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆที่เข้าไปทำลายเซลล์ของร่างกายได้ ดังนั้นสารเหล่านี้จึงอาจเป็นตัวช่วยในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆได้ (Gardner et al., 2000) โดยแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบได้ในธรรมชาติ เช่นในผักและ

ผลไม้ที่มีสีต่างๆ เช่น สีเหลือง สีส้ม สีแดง หรือสีเขียวเข้ม (Gardner et al., 2000; Bramley, 2003) มีรายงานวิจัยพบว่า ความสุกของผลไม้ในระยะต่างๆ ก็มีผลต่อปริมาณการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีและปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์เช่นกัน (Spanos และ Wrolstad 1990; Spanos et al., 1990; Speirs และ Brady, 1991) รายงานการวิจัยของ Romer et al., (2000) พบว่าเบต้าแคโรทีน ซีแซนทีน ลูทีน นีโอแซนทีน มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลไม้สุกมากขึ้น (over ripen) และจากรายงานการวิจัยของ Mercadante et al. (1993); Wilberg et al. (1995) พบว่าปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ในมะม่วง มะละกอ และแอพริคอต มีความสัมพันธ์กับระยะความสุกของผลไม้เหล่านี้ (Romer et al., 2000; Mercadante and Rodriguez-Amaya, 1993; Wilberg และ Roderiguez-Amaya, 1995) นอกจากนี้มีรายงานวิจัยพบว่าการเก็บรักษาผลผลิตในสภาพแช่แข็งไม่สามารถป้องกันการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ โดยพบปริมาณเบต้าแคโรทีนลดต่ำลงในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งของมะม่วง (Marin et al., 1992) กีวี (Cano และ Marin, 1992) มะละกอ (Cano et al., 1996) และมะเขือเทศ (Lisiewska และ Kmiecik et al., 1999) ทั้งนี้การสูญเสียปริมาณเบต้าแคโรทีนเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase, Lipoyxygenase และ Catalase โดยเฉพาะการเก็บในสภาพแช่แข็งที่มีออกซิเจน การเก็บรักษาในที่เย็นและในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำ ไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์สูงสามารถชะลอการเสื่อมสลายของปริมาณแคโรทีนอยด์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าทุเรียนแช่แข็งจากภาคใต้ ภาคตะวันออก และสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศมีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำกว่าชุดที่เก็บรักษาในถุง PE ทั้งนี้ Crespo และคณะ (2005) ได้รายงานว่าปริมาณอัลฟา และ เบต้าแคโรทีนของผลส้ม navelina ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกของการตัดแต่งปอกเปลือกและหั่นชิ้น แต่หลังจากนั้นในการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere storage) ที่ 4°C พบว่าผลส้มที่นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีปริมาณแคโรทีนเพิ่มสูงขึ้นทั้งในรูปผลที่ไม่ได้ตัดแต่งและผลที่ผ่านการตัดแต่งหั่นชิ้น อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์

นอกจากนั้นพบว่าทุเรียนภาคใต้ ภาคตะวันออก มังคุดใต้ และสับปะรดแช่แข็งที่บรรจุในถุง PE หรือถุง VAC มีปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา สารฟลาโวนอยด์มีอยู่มากมายในผักและผลไม้ ซึ่งมีหลายการศึกษาพบว่า สารเหล่านี้สามารถเข้าไปจับหรือสามารถเข้าไปยับยั้งการทำงานของกระบวนการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระต่างๆในร่างกาย ซึ่งโดยปกติแล้วพืชจะสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ไว้สำหรับป้องกันตัวเองให้รอดพ้นจากศัตรูพืชและการถูกทำลายจากแสงแดด และพบว่า สารเหล่านี้สามารถช่วยในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเบาหวานและโรคหัวใจ รวมทั้งช่วยป้องกันการติดเชื้อต่างๆ ได้ (Winkel-Shirley, 2001; Nijveldt et al., 2001; Ray-Yu et al., 2008; Mian และ Mohamed et al., 2001) จากงานวิจัยนี้พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ (ถุง PE หรือถุง VAC) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของทุเรียนแช่เยือกแข็งทั้งจากภาคใต้และภาคตะวันออก และมังคุดจากภาคตะวันออก โดยปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP สารประกอบฟลาโวนอยด์สามารถช่วยป้องกันอนุมูลอิสระต่างๆ ไม่ให้ทำลายเซลล์ในมนุษย์ได้ (Serafini, 2006) การเก็บรักษาทุเรียนแช่เยือกแข็งในถุง VAC สภาพสุญญากาศสามารถช่วยชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีได้เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE การเปลี่ยนแปลงของวิตามินซี ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก อาจสูญเสียได้จากการทำงานของเอนไซม์ เช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase และ peroxidase ที่มีอยู่ในผลผลิต และอาจเกิดจากออกซิเดชันที่ไม่ใช่เอนไซม์แต่มีโลหะ

เช่น ทองแดง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (จริงแท้, 2544) การเสื่อมสลายของวิตามินซีพบได้ในช่วงการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง ซึ่งปริมาณวิตามินซีเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลไม้แช่แข็ง ทั้งนี้สาเหตุสำคัญของการสูญเสียวิตามินซีเกิดจากเอนไซม์ ascorbate oxidase ดังนั้นถ้าในกระบวนการแช่แข็งผลผลิตนั้นไม่ได้ผ่านการทำ pretreatment เพื่อทำลายเอนไซม์ต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของผลผลิต เอนไซม์เหล่านั้นจะสามารถทำปฏิกิริยาในช่วงการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง การเสื่อมสลายของวิตามินซีขึ้นอยู่กับ ปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิในการเก็บรักษา ชนิดของผลไม้ พันธุ์ การทำ pretreatment ชนิดของบรรจุภัณฑ์ และกระบวนการแช่แข็ง (Skrede, 1996) Sahari et al. (2004) รายงานว่ากระบวนการแช่แข็ง (freezing process) ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีในสตรอเบอร์รี่ ทั้งในกระบวนการแช่เยือกแข็งที่ -20°C และการแช่เยือกแข็งแบบ quick rate freezing (-50°C ถึง -100°C) แต่พบว่าในช่วงการเก็บรักษาสตรอเบอร์รี่แช่แข็งที่ -18°C และ -24°C ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมาก ซึ่งการลดลงของปริมาณวิตามินซีในช่วงการเก็บรักษาแบบแช่แข็งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าทุเรียนพันธุ์หมอนทองแช่เยือกแข็งจากภาคใต้และจากภาคตะวันออก สับปะรดแช่แข็งที่เก็บรักษาที่ -20°C มีปริมาณวิตามินซีลดลงในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ที่อุณหภูมิ -20°C ในขณะที่มังคุดทั้งจากภาคใต้และภาคตะวันออกไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี เช่นเดียวกับข้าวโพดฝักอ่อน และถั่วลันเตาที่เมื่อผ่านกระบวนการแช่แข็งและเก็บรักษาจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (Bonwick และ Catherine, 2013) การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับสารประกอบฟีนอลิก โดยความสามารถในการให้อิเลคตรอนมีได้้อยู่ภายใต้อิทธิพลของหมู่ฟีนอลิกอย่างเดียวกัน แต่เกิดจากหมู่ ortho-dihydroxyl ของวงแหวน B-ring ของฟลาโวนอยด์ ซึ่งสามารถให้อิเลคตรอนได้ดีกว่าหมู่ hydroxyl ที่ตำแหน่งอื่นๆบนสารโมเลกุลเดียวกัน (Morel et al., 1998) งานวิจัยนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของทุเรียนและมังคุดแช่เยือกแข็งในช่วงการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งเป็นเวลา 12 เดือน แสดงให้เห็นถึงการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการรักษาสารประกอบฟีนอลิก เมื่อต้องการเก็บรักษาเป็นเวลานาน (De Anos, 2000) ยกเว้นในสับปะรดที่พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง อาจเนื่องจากในกระบวนการทำสับปะรดแช่เยือกแข็งนั้นมีการลวก (Blanching) เพื่อเป็นการทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ รวมถึงเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับสารประกอบฟีนอลิก ดังนั้นปริมาณฟีนอลิกจึงลดลงในช่วงการเก็บรักษา จากงานวิจัยนี้ พบว่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีในทุเรียน มังคุด และสับปะรดแช่แข็ง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลไม้แช่เยือกแข็งในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ที่มีการลดลงแล้วเพิ่มขึ้นซึ่งไม่สัมพันธ์กับระยะเวลาในการเก็บรักษา อาจเนื่องจากการดำเนินงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยไม่สามารถเลือกวัย ระยะความเจริญของตัวอย่างผลผลิตแช่เยือกแข็งให้มีความใกล้เคียงกันได้ โดยในกระบวนการผลิตผลไม้แช่เยือกแข็งนั้นทางโรงงานต้องมีการเดินเครื่อง (operate) ทำแช่เยือกแข็ง ก็ต่อเมื่อมีผลผลิตเป็นจำนวนมากๆ ดังนั้นจึงทำให้มีการคละกันทั้งในเรื่อง วัย การสุกแก่ และทางคณะนักวิจัยไม่สามารถให้ทางโรงงานแช่เยือกแข็งเดินเครื่องเพื่อผลิตเฉพาะผลไม้แช่แข็งที่มีการคัดวัย การสุกแก่ที่ใกล้เคียงกันสำหรับงานวิจัยได้ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยไม่สามารถเข้าไปคัดเลือกวัย ความสุกแก่ของผลไม้ในไลน์การผลิตผลไม้แช่เยือกแข็งได้ ดังนั้นในการดำเนินงานในอนาคตอาจต้องขอความร่วมมือจากโรงงาน หรือแหล่งผลิตที่สามารถผลิตผลไม้แช่เยือกแข็งได้ตามกรอบของงานวิจัย

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของกระบวนการตัดแต่งและแช่เยือกแข็งต่อปริมาณของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในทุเรียน มังคุด และสับปะรดโดยเก็บตัวอย่างทุเรียนและมังคุดดังนี้ ผลสด (Fresh) ผลไม้ที่ปอกเปลือกและตัดแต่งแล้ว (Fresh-cut) ผลไม้แช่เยือกแข็ง (Frozen) จากภาคใต้และภาคตะวันออก สำหรับสับปะรด ทำการเก็บตัวอย่างสับปะรดผลสด (Fresh Pineapple) สับปะรดปอกเปลือกตัดแต่งหั่นชิ้น (Fresh-cut Pineapple) สับปะรดตัดแต่งผ่านการลวก (Blanching Pineapple) และสับปะรดแช่เยือกแข็ง (Frozen Pineapple)

1. ทุเรียนจากภาคใต้: กระบวนการปอกเปลือกและตัดแต่งส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งและทุเรียนแช่แข็งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนและปริมาณกรดไขมันอิสระมากกว่าทุเรียนผลสด กระบวนการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ แต่มีผลต่อปริมาณวิตามินอีเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้น กระบวนการแช่เยือกแข็งมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง ทั้งทุเรียนผลสด ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม กระบวนการตัดแต่ง และการแช่แข็งส่งผลให้ปริมาณวิตามินซีและปริมาณ Triglyceride ลดลง

2. ทุเรียนจากภาคตะวันออก: กระบวนการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณวิตามินอี กระบวนการปอกเปลือกและตัดแต่งมีผลทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงขึ้น กระบวนการปอกเปลือกตัดแต่งและกระบวนการแช่แข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยทุเรียนผลสด ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทุเรียนแช่เยือกแข็งมีค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้การตัดแต่งและการแช่แข็งทำให้ปริมาณวิตามินซีและ ปริมาณ Triglyceride ลดลง และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงกว่าผลสดและผลตัดแต่ง ทุเรียนทุกหริตเมนต์มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

3. มังคุดจากภาคใต้: กระบวนการตัดแต่งทำให้ปริมาณวิตามินอีและฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น กระบวนการปอกเปลือกตัดแต่งและกระบวนการแช่แข็งมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกลดลง นอกจากนั้น มังคุดแช่แข็งมีปริมาณวิตามินซีและมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาได้แก่มังคุดตัดแต่งและผลสดตามลำดับ มังคุดทุกหริตเมนต์มีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

4. มังคุดภาคตะวันออก: มังคุดผลสด มังคุดปอกเปลือกตัดแต่ง และมังคุดแช่เยือกแข็ง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ไม่แตกต่างกัน มังคุดผลสดและมังคุดที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่ามังคุดที่ตัดแต่ง นอกจากนั้นมังคุดตะวันออกทุกชุดการทดลอง มีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม และมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

5. สับปะรด: กระบวนการตัดแต่ง การลวก และการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ เบต้าแคโรทีน แต่พบว่ากระบวนการเหล่านี้มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ลดลง ปริมาณวิตามินอีในสับปะรดทุกชุดการทดลอง มีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม และมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมในปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรด แห้งเยือกแข็ง ในถุงพลาสติก PE และถุงพลาสติกสภาพสุญญากาศ (VAC) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 12 เดือน

1. ทุเรียนจากภาคใต้: บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุทุเรียนแช่แข็งภาคใต้ในการทดลองนี้ (ถุง PE หรือถุง VAC) ไม่มีผลชะลอการสูญเสียวิตามินอีและปริมาณ Triglyceride และกรดไขมันอิสระ ทั้งสองบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มของวิตามินอี Triglyceride และกรดไขมันอิสระลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยทุเรียนแช่แข็งที่เก็บใน VAC มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าถุง PE เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 เดือน ปริมาณฟลาโวนอยด์ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ของทุเรียนแช่เยือกแข็งภาคใต้ที่เก็บรักษาในถุง PE และ VAC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุ การบรรจุทุเรียนในถุง PE หรือถุง VAC ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ทุเรียนแช่แข็งมีแนวโน้มของปริมาณเบต้าแคโรทีน และวิตามินซีลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และการเก็บในสภาพสุญญากาศสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเบต้าแคโรทีนและวิตามินซีได้ นอกจากนี้ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณวิตามินเอของทุเรียนทุกชุดทดลองมีน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

2. ทุเรียนจากภาคตะวันออก: การเก็บรักษาในถุง PE และในถุง VAC มีปริมาณวิตามินอีและปริมาณ Triglyceride เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แต่มีปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยทุเรียนแช่แข็งที่เก็บใน VAC มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าถุง PE เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 เดือน และการเก็บในถุง PE มีปริมาณฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกับการเก็บในถุง VAC ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนถุง PE และ VAC มีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยปริมาณเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างกันระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ทั้งนี้การเก็บรักษาในถุง PE หรือถุง VAC ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แต่ปริมาณวิตามินซีและมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา และทุเรียนทุกชุดทดลองมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

3. มังคุดจากภาคใต้: ปริมาณฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิก ระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินอี และวิตามินซี นอกจากนี้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้น และการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุงทั้งสองชนิดไม่มีผลช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในระหว่างการเก็บรักษานาน 6 เดือน แต่หากเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือน หรือ 1 ปี ควรเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งในถุง PE จะช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าถุง VAC และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นโดยเฉพาะนานถึง 12 เดือน แต่ชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP มังคุดทุกชุดทดลองมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

4. มังคุดภาคตะวันออก: มังคุดแช่แข็งทั้งสองชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี และพบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือนขึ้นไป โดยชนิดของถุงที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรม

การต้านอนุมูลอิสระ ในขณะที่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา มุงคุดทุกชุดทดลองมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

5. สัมประสิทธิ์อัตราสีทอง: ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสับปะรดแช่เยือกแข็งเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะการเก็บรักษาในถุง VAC จะมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าการเก็บในถุง PE และปริมาณเบต้าแคโรทีนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการเก็บในถุง PE และ VAC ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการเก็บในถุง PE และ VAC สัมประสิทธิ์บรรจุในถุง PE และถุง VAC มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และสับปะรดทุกชุดทดลองมีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม และมีปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า 7 ไมโครกรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้พบว่าความสุกและความอ่อนแก่บริบูรณ์ สภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของผลไม้มีอิทธิพลต่อปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีในผลไม้ทั้งผลสด ตัดแต่งและแช่แข็ง ที่ผ่านกระบวนการตัดแต่งและแช่เยือกแข็งอย่างมาก ดังนั้นในการศึกษาเรื่องปริมาณสารสำคัญในผลไม้ทั้งผลสดและแปรรูป อาจต้องควบคุมอายุ ระยะสุกแก่ ตลอดจนต้องใช้จำนวนของตัวอย่างให้มากกว่านี้ จึงสามารถได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น
2. ในกระบวนการผลิตผลไม้แช่เยือกแข็งนั้นทางโรงงานต้องมีการเดินเครื่องทำแช่เยือกแข็ง ก็ต่อเมื่อมีผลผลิตเป็นจำนวนมากๆ ดังนั้นจึงมีการคละกันทั้งในเรื่อง วัย การสุกแก่ และทางคณะนักวิจัยไม่สามารถให้ทางโรงงานแช่เยือกแข็งเดินเครื่องเพื่อผลิตเฉพาะผลไม้แช่แข็งที่มีการคัดวัย การสุกแก่ที่ใกล้เคียงกันสำหรับงานวิจัยได้ ดังนั้นในการดำเนินงานในอนาคตอาจต้องขอความร่วมมือจากโรงงาน หรือแหล่งผลิตที่สามารถผลิตผลไม้แช่เยือกแข็งเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีวัย ความบริบูรณ์ใกล้เคียงกัน
3. การเพิ่มการกระจายการเก็บตัวอย่างตามแหล่งปลูกในภาคต่างๆและเพิ่มจำนวนตัวอย่าง ตลอดจนมีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิ สภาพะในการปลูกผลไม้นั้นๆ อาจจะช่วยให้เห็นข้อมูลชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข, 2555, <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/files/antioxidan.pdf>
- วนิชา เมฆกมล, 2547. การสกัดและการแยกหารกรดแอสฟาไฮดรอกซีจากกระท้อน มะม่วงแก้วและมะไฟ, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- วริญ เจริญศิริ และ รัชณี คงคาอุยฉาย, 2550, การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน โลโคปีน แร่ธาตุ น้ำตาล และใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำและชนิดที่ละลายน้ำในผลไม้สดและผลิตภัณฑ์ผลไม้, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัย มหิดล.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช, 2544, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ. 396 น
- รัชณี คงคาอุยฉาย, วริญ เจริญศิริ และ พงศธร สังข์เผือก, 2552, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ “โครงการคุณค่าโภชนาการของผลไม้ไทยเพื่อสุขภาพ และมูลค่าเพิ่ม”, สัญญาเลขที่ RDG5120065, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 84 น.
- บุหรัน พันธุ์สวรรค์, ไมตรี สุทธิจิตต์ และสุพัตร์ พวงบางโพ, 2553,ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะทกรกทองพันชั่ง ผักหวานป่าเพกา และมะระขี้นก ในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา, รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยนเรศวรพะเยา, พะเยา, 34 น.
- Bonwick, G. and Catherine, S.B., 2013, “Antioxidants in Fresh and Frozen Fruit and Vegetables: Impact study of varying storage conditions”, Client Technical Report, University of Chester, 36 p.
- Bhui, K., Prasad, S., George, J., Shukla, Y., 2009. Bromelain inhibits COX-2 expression by blocking the activation of MAPK regulated NF-kappa B against skin tumorinitiation triggering mitochondrial death pathway, Cancer Letters (Shannon, Ireland) 282, 167 – 176.
- Cano, M.P., de Ancos, B., 1994. Carotenoids and carotenoid esters composition in mango fruit as influenced by processing method, Journal of Agricultural and Food Chemistry 42, 2737 – 2742.
- Cano, M.P., Lobo, M.G., de Ancos, B., Galeazzi, M.A., 1996. Polyphenol oxidase from spinach hermaphrodite and female papaya fruits (*Carica papaya* cv Sunrise, Solo group), Journal of Agricultural Food and Chemistry 44, 3075 – 3079.
- Cano, M.P. and Marin, M.A., 1992, “Pigment composition and color of frozen and canned kiwi fruit slices”, Journal of Agricultural Food Chemistry. 40, pp. 2141.
- Cantos, E., Espín, J.E., Tomás-Barberán, F.A., 2001, “Effect of wounding on phenolic enzymes in six minimally processed lettuce cultivars upon storage”, J. Agric and Food Chem , 49, 322-330.
- Chaovanalikt, A., Wrolstad, R.E., 2004. Anthocyanins and polyphenolic composition of fresh and processed cherries, Journal of Food Science 69, FCT73 – FCT83.

Chun, J., Lee, J., Ye, L., Exler, J., Eitenmitler, R.R., 2006. Tocopheral and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet, *Journal of Food composition and Analysis* 19, 196 – 204.

Cook, N.C. Samman, S., 1996. Flavonoids-chemistry, metabolism cardioprotective effects and dietary sources. *Nutritional Biochemistry* 7, 66 – 76.

Chun, J., Lee, J., Exler, J. and Eitenmiller, R.R., 2006, “Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in United States diet”, *J. Food Compost Anal*, 19, 196-204.

Chun, J., Lee, J. and Eitenmiller, R.R., 2006, “Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1)”, *J. Food Compost Anal*, 19, 11-19.

Dai, J., Mumper, R., 2010. Plant phenolic: extraction analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules* 15, 7313 – 7352.

De Ancos, B., Ibañez, E., Reglero, G., Cano, M.P., 2000. Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit, *Journal of Agricultural Food and Chemistry* 48, 873 – 879.

De Ancos, B., González, E.M. and Cano, M.P., 2000, “Ellagic Acid, Vitamin C, and Total Phenolic Contents and Radical Scavenging Capacity Affected by Freezing and Frozen Storage in Raspberry Fruit”, *J. Agric. Food Chem*, 48, 4565–4570.

Dixon, R.A., Steele, C., 1999. Flavonoids on non-enzymatic lipid peroxidation; structure activity relationship, *Biochem. Med. Metabol. Biol.* 39, 69 – 76.

Douglas, J., Lanska, A., 2010. Historical aspects of the major neurological vitamin deficiency disorders: overvein and fat-soluble vitamin A, *handbook of Clinical neurology* 95, 435 – 441.

Dwyer, J.T., Goldin, B.R., Saul, N., Gualtieri, L., Barakat, S., Adlercreutz, H., 1994. Tofu and soy drinks contain phyto-estrogens, *Journal of American Dietetic Assn.* 94(7), 739 – 743.

Ferrante, A., Martinetti, L. and Maggiore, T., 2009, “Biochemical changes in cut vs. intact lamb’s lettuce (*Valerianella olitoria*) leaves during storage”, *Int. J. Food Sci. Tech.*, 44(5): 1050-1056.

Fu, C., Loo, A.E.K., Chia, F.P.P., Huang, D., 2007. Oligomeric proanthocyanindins from mangosteen pericarps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (19) 7, 689 – 7694.

Galati, G., Chan, T., Wu, B., O’Brien, P.J., 1999. Glutathione-dependent generation of reactive oxygen species by the peroxidase-catalyzed redox cycling of flavonoids, *Chem. Res. Toxicol* 12(6), 521 – 525.

Gardner, P.T., White T.A., McPhail D.B. and Duthie G.G. 2000, "The relative contribution of vitamin C carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices", *Food Chem*, 68, 471-474.

Gil, M.I., Aguayo, E. and Kader, A.A., 2000, "Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 4284-4296.

Gorinstein, S., Haruenkit, R., Poovarodom, S., Vearasilp, S., Suhaj, M., et al., 2009. The comparative characteristics of snake and kiwifruits, *Food and Chemical Toxicology* 47, 1884 – 1891.

Gundran, A.L., Gonzales, R., Lopez, A.G., Quiroz, M.V.B., Oronce, M.C., Munoz, D.S., et al., 2001. Phytochemical screening of the exocarp of papaya (*Carica papaya*), pineapple (*Ananas comosus*) and star apple (*Chrysophyllum cainito*), 222nd ACS National Meeting Chicago, IL, US, MEDI-135.

Hai-Chao Zhou Yi-Ming Lin Shu-Dong Wei Nora Fung-yee Tam 2011, Structural diversity and antioxidant activity of condensed tannins fractionated from mangosteen pericarp, *Food chemistry*, 129 : 1710–1720.

Haruenkit, R., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Sajewicz, M., Kowalska, T., Delgado-Lincon, E., Rochan-Guzmán, N.E., Gallegos-Infante, J., Trakhtenberg, S., Gorinstein, S., 2001. Comparative study of health properties and nutritional value of durian, mangosteen, and snack fruits, Experiments in vitro and vivo, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 5842 – 5849.

Heim, K.E., Tagliaferro, A.R., Bobilya, D.J., 2002. Flavonoids antioxidants: chemistry, metabolism and structure activity relationships, *The Journal of Nutritional Biochemistry* 13, 572 – 584.

Hertong, G., Hoolman, P., Katan, M., 1992. Content of potentially anti-carcinogenic flavonoids of 28 vegetables and fruits commonly consumed in the Netherlands, *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 40, 2379 – 2382.

Honnoufa, A., Hossain, Z., 2012. Regulation of carotenoid accumulation in plant, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 1, 198 – 202.

Hui, Y.H. (Editor), Barta, J., Cano, M.P., Gusek, T., S. Sidhu, J. and K. Sinha, N. (Associate Editor), 2006, "Handbook of Fruits and Fruit Processing", Blackwell Publishing, Iowa, USA. 697, p.

Im, M.H., Park, Y., Leontowicz, M., Namiesnik, J., Ham, K., Kang, S., Najman, K., Gorinstein, S., 2011. The thermostability bioactive compounds and antioxidant activity of some vegetables subjected to different durations of boiling: investigation in vitro, *LWT-Food Science and Technology* 44, 92 – 99.

Ismail, A., & Lee, W.Y., 2004, "Influence of cooking practice on antioxidant properties and phenolic content of selected vegetables", *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 13, S162 (Suppl).

Ismail, I.S., Ito, H., Hatano, T., Taniguchi, S., Yoshida, T., 2003. Modified limonoids from the leaves of *Sandoricum koetjape*, *Phytochemistry*, 14, 1345 – 1349.

Jung, H.A., Su, B.N., Keller, W.J., Mehta, R.G., Kinghorn, A.D., 2006. Antioxidant xanthenes from the pericarp of *Garcinia mangostana* (mangosteen). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2077–2082.

Kar, A., 2007. *Pharmacognosy and pharmacobiotechnology* (2nd edition), New Age, International Limited Publisher, New Delhi, 332 – 600.

Kathleen, C., 2011, Fat soluble vitamins and the performance horse, <http://www.ker.com/library/advances/125.pdf>.

Khozirah, S., Aznie, A.A., Nik, M.M., 2004. Anti-inflammatory agents from *Sandoricum koetjape* Merr., *Phytomedicine*, 11, 26 – 263.

Kiran, B., Misra, 2011. Vitamins, fat-soluble, http://www.faqs.org/nutrition/smi-Z/vitamins_fat-soluble.html.

Klein, B.P. and Perry, A.K., 1982, "Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States", *Journal of Food Science*, 47: 941-945.

Kuhnlein, H. V., Barthet, V., Farren, A., Falaji, E., Legge, D., Receveur, O., Beru, P. 2006, Vitamin A, D, and E in Canadian arctic traditional food and adult diets, *Journal of Food Composition and Analysis*. 19, 495-506.

Kurilich, A.C. and Juvik, J.A., 1999, "Quantification of carotenoid and tocopherol antioxidants in *Zea mays*", *J. Agric Food Chem.* 47(5):1948-55.

Lisiewska, Z. and Kmiecik, W., 1999, "Effects of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes" *Journal of Food Chemistry*, 70: 167-173

Lisiewska, Z., Kmiecik, W., 2000. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes, *Food Chemistry* 70, 167 – 173.

Mercadante, A.Z., Rodriguez-Amaya, D.B., 1993, "Content of carotenoids in two mango cultivars and mango juices obtained by HPLC", In *Proceeding of the 10th international symposium on carotenoids*, Trondheim. pp 5-8.

Miller, N.J. and Rice-Evans, C., 1996, "Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food", *Biochemical Society Transactions*, 24: 790-94.

Marin, M.A. and Cano, M.P., 1992, "Patterns of peroxidase in ripening mango (*Mangifera indica* L.)", J. Food Sci. 57: 690-692, 734.

Mercadante, A.Z. and Rodriguez-Amaya D.B., 1993, "Content of carotenoids in two mango cultivars and mango juices obtained by HPLC", In Proceeding of the 10th international symposium on carotenoids (pp 5-8). Trondheim.

Miean, K.H. and Mohamed, S, 2001, "Flavonoids (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin and apigenin) content of edible tropical plants", J Agric Food Chem. 49, 3106-3112.

Morel, I., Cillard, P., and Cillard, J., 1998, "Flavonoid-metal interactions in biological systems. In: RICE-EVANS, PACKER L (eds) Flavonoids in Health and Disease", New York: Marcel Dekker Inc. pp: 163-177.

Nagy, S., 1980, "Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review", J. Agric, Food Chem, 28, 8-18.

Nijveldt, R.J., van Nood E, van Hoorn DE, Boelens PG, van Norren K, van Leeuwen PA. 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. Am J Clin Nutr. 74, 418-425.

Odriozola Serra, I., Soliva Fortuny, R., Martin Belloso, O., 2008, "Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh cut tomatoes" LWT Food Sci. Technol, 41: 217-226.

Oluwafunmilayo, O.O., Ajibola M.K., Isaac B.A., Stephen K.O., Adedayo, O. and Oyebanji, 2012, "Antioxidant Contents (Vitamin C) of Raw and Blanched Different Fresh Vegetable Samples", Food and Nutrition Sciences, 3: 18-21.

Peterson, J., Dwyer, J., 1998. Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity, Nutrition Research 18, 1995 – 2018.

Raffo, A., Paoletti, F. and Antonelli, M., 2004, "Change in sugar organic acid flavonol and carotenoid composition during ripening of berries of three seabuckthorn", Eur. Food Res Technol, 219, 360-368.

Ratiporn, H., Sumitra, P., Suchada, V., Magda, S.K., Young-Sue, P., Buk-Gu, H., Ja-Young, C., Hong, G.J. and Shela, G., 2009, "Comparison of bioactive compounds, antioxidant and antiproliferative activities of Mon Thong durian during ripening", Food Chem. (In press).

Ray-Yu, Y., Shou, L. and Kuo, G., 2008, "Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species", Asia Pac J Clin Nutr. 17 (S1), 275-279. Hertog M.G.L. 1995. Flavonoids intake and long term risk of coronary heart disease and cancer in the 7 countries study. Arch Int Med. 155, 1184-1195.

Reyes, L.F., Villarreal, J.E., Cisneros-Zevallos, L., 2007, "The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue", *Food Chemistry*, 101; 1254–1262.

Romer, S., Fraser, P.D., Kiano, J., Shipton, C.A., Misawa, N. and Schuch W., 2000, "Evaluation of the provitamin A content of transgenic tomato plants", *Nature Biotech.* 18, 666-669.

Sahari, M.A., Boostani, F.,M., Hamidi, E.,Z., 2004. Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. *Food Chem.* 86, 357-363

Singh, J., Upadhyay, Prasad, K., Bahadur, A. and Rai M, 2007, "Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in Brassica vegetables", *J. Food Compost Anal.* 20, 106-112.

Serafini, M., 2006, "The role of antioxidants in diseases prevention", *Medicine.* 34, 533-535.

Skrede, G., 1996, "Fruits. In *Freezing Effects on Food Quality*", Jeremiah, L. E., Ed.; Dekker: New York.

Spanos, G.A. and Wrolstad, R.E., 1990, "Influence of variety maturity processing and storage on the phenolic content of pear nectar", *J. Agr Food Chem.* 38, 817-824.

Spanos, G.A., Weolstad, R.E. and Heatherbell, D.A., 1990, "Influence of processing and storage on the phenolic content of apple nectar", *J Agr Food Chem.* 38, 1572-1579.

Speirs, J. and Brady, C.J., 1991, "Modification of gene expression in ripening fruit", *Australian J Plant Physio.* 46, 3630-3634.

Shahidi, F., Naczki, M., 2004. Phenolic acids in food and nutraceuticals. Boca Raton. FL: CRC Press, 131-155, 490 p.

Shui, G., Leong, L.P., 2005. Screening and identification of antioxidants in biological samples using high-performance liquid chromatography-Mass spectrometry and its application on *Salacca edulis* Reinw, *Journal of Agricultural and Food Chem.* 53, 880 – 886.

Tsao, R., 2010, "Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols", *Nutrients*, 2: 1231-1246.

Visioli, F., De La Lastra, C.A., Andres-Lacueva, C., Aviram,M., Calhau, C., Cassano, A., D'Archivio, M., Faria, A., Fave, G., Fogliano, V., Llorach, R., Vitaglione, P., Zoratti, M. and Edeas, M., 2011, "Polyphenols and human health: A prospectus", *Crit Rev Food Sci Nutr*, 51(6): 524–46.

Wilberg, V.C. and Roderiguez-Amaya D.B., 1995, "HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya", *Lebensummittel Wissenschaft and Technology.* 28, 474-480.

Wright, K.P., Kader, A.A., 1997, “Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons”, *Postharvest Biol Technol*, 10, 39–48.

van den Berg, H., Faulks, R., Granado, H.F., Hirschberg, J., Olmedilla, B., Sandmann, G., Southon, S., Stahl, W., 2000. The potential for the improvement of carotenoid level in foods and the likely systemic effects, *Journal of Sci. Food Agric.* 80, 880 – 912.

Wijaya, C.H., Ulrich, D., Lestari, R., Schippel, K., Ebert, G., 2005. Identification of potent odorants in different cultivars of Snake fruit (*Salacca zalacca* Garert. Voss) using gas chromatography-olfactometry, *Journal of Agricultural and Chemistry* 53 (5), 1637 – 1641.

Wilberg, V.C. and Roderiguez-Amaya, D.B., 199, “HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya”, *Lebensummittel Wissenschaft and Technology*. 28,474-480.

Winkel-Shirley, B., 2001, “Flavonoids biosynthesis. A colourful model for genetic, biochemistry cell biology and biotechnology”, *Plant Physio*, 126, 485-93.

Wittenauer, J., Falk, S., Schweiggert-Weisz, U., Carl, R., 2012. Characterisation and quantification of xanthonenes from the aril and perocarp of mangosteens (*Garcinia mangostana* L.) and mangosteen containing functional beverage by HPLC-DAD-MS, *Food Chemistry* 13, 445 – 452.

Zadernowski, R., Czaplicki, S., and Naczek, M. 2009. Phenolic acid profiles of mangosteen fruits (*Garcinia mangostana*). *Food Chemistry*, 112(3), 685 – 689.

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณวิตามินอีของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Vitamin E (mg/100 g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	1.67 ^A ±0.30	0.28 ^{aB} ±0.00	1.22 ^A ±0.52	**	32.79
Frozen Durian + VAC	1.67 ^A ±0.30	0.20 ^{bB} ±0.00	0.84 ^B ±0.61	*	43.04
F-test	ns	**	ns	-	
CV	17.67	0	54.93	-	

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Flavonoid (mg/100 g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	0.21 ^C ±0.05	0.33 ^{bA} ±0.05	0.28 ^B ±0.04	**	17.21
Frozen Durian + VAC	0.21 ^C ±0.05	0.39 ^{aA} ±0.07	0.32 ^B ±0.08	**	21.92
F-test	ns	*	ns	-	-
CV	24.68	15.68	21.71	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Beta-carotene (µg/100 g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	15.92 ^A ±4.24	9.40 ^B ±2.28	5.38 ^{bc} ±1.72	**	28.89
Frozen Durian + VAC	15.92 ^A ±4.24	9.32 ^B ±2.93	8.33 ^{aB} ±1.30	**	27.45
F-test	ns	ns	**	-	-
CV	24.66	28.07	22.29	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Total phenolic contents (mg GAE/g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	42.73 ^B ±3.07	56.23 ^A ±4.34	39.15 ^C ±3.79	**	8.26
Frozen Durian + VAC	42.73 ^B ±3.07	55.13 ^A ±4.30	40.00 ^C ±4.17	**	8.44
F-test	NS	NS	NS	-	-
CV	7.18	7.76	10.18	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณวิตามินซีของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Ascorbic acid (mg/g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	15.50 ^A ±2.04	6.66 ^B ±0.98	3.89 ^{bC} ±0.71	**	15.07
Frozen Durian + VAC	15.50 ^A ±2.04	5.85 ^B ±0.83	5.48 ^{aB} ±0.79	**	15.09
F-test	ns	ns	**	-	-
CV	13.16	14.50	16.00	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 6 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	DPPH (μmolTrolox equiv./g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	469.49 ^C ±55.50	759.02 ^A ±55.41	587.51 ^B ±72.69	**	10.20
Frozen Durian + VAC	469.49 ^C ±55.50	806.46 ^A ±65.76	649.74 ^B ±86.27	**	10.96
F-test	NS	NS	NS	-	-
CV	11.82	7.77	12.89	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 7 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของทุเรียนหมอนทองจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็ง
ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

Treatments	FRAP (μmolTrolox equiv./g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	13.39 ^C ±0.16	47.05 ^{aA} ±3.24	40.32 ^B ±3.39	**	8.07
Frozen Durian + VAC	13.39 ^B ±0.16	40.27 ^{bA} ±3.19	44.64 ^A ±6.94	**	13.46
F-test	NS	**	NS	-	-
CV	1.17	7.37	12.86	-	-

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณวิตามินอีของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บ
รักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Vitamin E (mg/100 g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	0.27 ^C ±0.07	1.78 ^{aA} ±0.00	1.17 ^{aB} ±0.52	**	16.99
Frozen Durian + VAC	0.27 ^B ±0.07	1.12 ^{bB} ±0.00	0.50 ^{bB} ±0.61	**	28.55
F-test	NS	**	*	-	
CV	24.40	10.33	32.01	-	

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 9 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Flavonoid (mg/100 g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	0.40±0.13	0.45±0.04	0.43±0.12	NS	24.33
Frozen Durian + VAC	0.40±0.13	0.44±0.07	0.39±0.06	NS	21.82
F-test	ns	ns	ns	-	-
CV	31.50	12.23	23.29	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Beta-carotene (µg/100 g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	8.01 ^B ±1.31	7.48 ^B ±2.03	18.31 ^A ±4.60	**	26.52
Frozen Durian + VAC	8.01 ^B ±1.31	7.14 ^B ±2.47	20.42 ^A ±2.32	**	17.69
F-test	ns	ns	ns	-	-
CV	8.01	7.48	18.31	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Total phenolic contents (mg GAE/g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	60.37 ^A ±4.72	42.81 ^B ±5.58	65.37 ^A ±7.29	**	10.61
Frozen Durian + VAC	60.37 ^A ±4.72	44.26 ^B ±4.90	61.59 ^A ±9.84	**	12.41
F-test	ns	ns	ns	-	-
CV	12.23	12.23	23.29	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 12 ปริมาณวิตามินซีของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Ascorbic acid (mg/g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	6.30 ^A ±1.71	3.88 ^B ±1.37	3.25 ^B ±0.46	**	28.84
Frozen Durian + VAC	6.30 ^A ±1.71	3.26 ^B ±0.44	3.15 ^B ±0.24	**	24.32
F-test	ns	ns	ns	-	-
CV	27.12	28.62	11.34	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 13 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	DPPH (μmolTrolox equiv./g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	833.83 ^A ±110.43	640.40 ^B ±55.41	636.49 ^B ±72.69	**	15.20
Frozen Durian + VAC	833.83 ^A ±110.43	585.49 ^B ±65.76	521.16 ^B ±86.27	**	17.95
F-test	ns	ns	ns	-	-
CV	13.24	13.10	23.65	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 14 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของทุเรียนหมอนทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	FRAP (μmolTrolox equiv./g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Durian + PE	53.81±11.70	48.55 ^a ±13.26	40.27±13.62	NS	27.11
Frozen Durian + VAC	53.81 ^A ±11.70	37.78 ^{bB} ±2.89	38.13 ^B ±6.86	**	18.95
F-test	ns	**	ns	-	-
CV	21.74	23.04	27.50	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 15 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของมังคุดจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			Flavonoid (mg/100 g FW)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen PE	Mangosteen	+	0.14 ^B ±0.02	0.20 ^A ±0.05	0.26 ^A ±0.08	**	28.04
Frozen VAC	Mangosteen	+	0.14 ^B ±0.02	0.25 ^A ±0.06	0.26 ^A ±0.10	**	31.98
F-test			ns	ns	ns	-	-
CV			14.52	25.23	35.12	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 16 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			Total phenolic contents (mg GAE/ g FW)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen PE	Mangosteen	+	38.40 ^B ±4.91	56.18 ^{bA} ±11.53	61.69 ^A ±12.64	**	19.73
Frozen VAC	Mangosteen	+	38.40 ^B ±4.91	72.71 ^{aA} ±14.26	50.53 ^B ±6.81	**	17.74
F-test			ns	*	ns	-	-
CV			12.79	20.12	18.09	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 17 ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ของมังคุดจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			Ascorbic acid content (mg/gFW)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen PE	Mangosteen	+	1.89 ^A ±0.39	1.60 ^{bB} ±0.19	2.13 ^{aA} ±0.28	**	16.03
Frozen VAC	Mangosteen	+	1.89±0.39	1.84 ^a ±0.29	1.80 ^b ±0.16	NS	16.02
F-test			ns	*	**	-	-
CV			20.64	14.44	11.61	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 18 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของมังคุดจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	DPPH (μmolTrolox equiv./g)			F- test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Mangosteen + PE	642.09 ^A ±116.51	597.73 ^A ±160.00	314.14 ^B ±40.35	**	22.52
Frozen Mangosteen + VAC	642.09 ^A ±116.51	568.88 ^A ±131.43	264.81 ^B ±38.72	**	21.11
F-test	ns	ns	*	-	-
CV	18.15	25.10	13.16	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 19 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของมังคุดจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			FRAP (μmol Trolox equiv./g)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen PE	Mangosteen	+	18.16 ^B ±2.97	14.24 ^C ±1.76	27.00 ^A ±6.04	**	20.27
Frozen VAC	Mangosteen	+	18.16 ^A ±2.97	10.46 ^B ±8.49	21.75 ^A ±6.32	**	37.79
F-test			ns	ns	ns	-	-
CV			16.37	49.65	25.35	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 20 ปริมาณวิตามินอีของมังคุดจากภาคใต้ ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments		Vitamin E (α -Tocopherol) (mg/100 g)		
		Months after storage		
		0	6	12
Frozen	Mangosteen+PE	0.56±0.02	0.05	0.34±0.09
Frozen	Mangosteen+VAC	0.56±0.02	0.20	0.40±0.02
F-test		ns	-	ns
C.V. (%)		2.74	-	16.77

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 21 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			Flavonoid (mg/100 g FW)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen	Mangosteen	+	0.27 ^A ±0.05	0.07 ^C ±0.01	0.20 ^B ±0.06	**	24.15
PE							
Frozen	Mangosteen	+	0.27 ^A ±0.05	0.06 ^C ±0.01	0.17 ^B ±0.06	**	26.15
VAC							
F-test			ns	ns	ns	-	-
CV			17.20	14.73	31.68	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 22 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมังคุดตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			Total phenolic contents (mg GAE/ g FW)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen	Mangosteen	+	54.08 ^A ±9.14	39.83 ^B ±3.30	58.87 ^A ±9.51	**	15.41
PE							
Frozen	Mangosteen	+	54.08 ^A ±9.14	39.75 ^B ±3.85	52.38 ^A ±9.55	**	16.67
VAC							
F-test			ns	ns	ns	-	-
CV			16.90	9.01	17.53	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 23 ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			Ascorbic acid content (mg/gFW)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen PE	Mangosteen	+	1.98±0.31	2.17±0.27	2.31 ^a ±0.33	NS	14.15
Frozen VAC	Mangosteen	+	1.98±0.31	2.05±0.24	1.84 ^b ±0.08	NS	11.86
F-test			NS	NS	**	-	-
CV			15.73	12.10	11.61	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 24 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			DPPH (μmolTrolox equiv./g)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen PE	Mangosteen	+	1145.98 ^A ±140.19	518.76 ^{bC} ±160.00	763.70 ^B ±40.35	**	10.64
Frozen VAC	Mangosteen	+	1145.98 ^A ±140.19	662.60 ^{aC} ±131.43	760.68 ^B ±38.72	**	11.57
F-test			ns	*	ns	-	-
CV			8.78	12.21	13.47	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 25 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของมังคุดตะวันออกภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments			FRAP (μmolTrolox equiv./g)			F- test	C.V. (%)
			Months after storage				
			0	6	12		
Frozen PE	Mangosteen	+	22.34 ^B ±2.26	23.52 ^{bB} ±6.60	27.37 ^A ±3.24	*	9.38
Frozen VAC	Mangosteen	+	22.34 ^B ±2.26	27.45 ^{aA} ±18.63	24.34 ^{AB} ±3.92	NS	12.60
F-test			ns	*	ns	-	-
CV			10.11	8.21	13.90	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 26 ปริมาณวิตามินอีของมังคุดจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Vitamin E (α -Tocopherol) (mg/100 g)		
	Months after storage		
	0	6	12
Frozen Mangosteen+PE	<0.05 /100	0.22 ^b ±0.00	<0.05 /100
Frozen Mangosteen+VAC	<0.05 /100	0.23 ^a ±0.00	<0.05 /100
F-test	-	**	-
C.V. (%)	-	0	-

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 27 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสับปะรดตราดสีทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Flavonoid (mg/100 g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Pineapple + PE	0.50±0.13	0.56±0.18	0.66 ^b ±0.12	NS	25.36
Frozen Pineapple + VAC	0.50 ^B ±0.13	0.57 ^B ±0.12	0.80 ^{aA} ±0.06	**	17.51
F-test	NS	NS	*	-	-
CV	25.33	27.03	13.86	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 28 ปริมาณเบต้าแคโรทีนของสับปะรดตราดสีทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Beta-carotene (µg/100g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Pineapple + PE	45.01±10.06	38.68±16.03	37.66±14.17	ns	33.91
Frozen Pineapple + VAC	45.01 ^{AB} ±10.06	35.98 ^B ±7.15	49.07 ^B ±10.46	*	21.54
F-test	NS	NS	NS	-	-
CV	22.34	33.55	28.71	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 29 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสับปะรดตราดสีจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Total phenolic contents (mg GAE/ g FW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Pineapple + PE	33.89 ^B ±1.31	37.46 ^{aA} ±1.64	24.59 ^C ±3.07	**	6.71
Frozen Pineapple + VAC	33.89 ^A ±1.31	33.19 ^{bA} ±1.83	24.18 ^B ±2.86	**	6.90
F-test	NS	**	NS	-	-
CV	3.87	4.92	12.15	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 30 ปริมาณวิตามินซีสับปะรดตราดสีทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	Ascorbic acid content (mg/gFW)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Pineapple + PE	3.91 ^A ±0.56	3.39 ^{aB} ±0.54	2.15 ^C ±0.40	**	15.93
Frozen Pineapple + VAC	3.91 ^A ±0.56	2.58 ^{bB} ±0.18	2.10 ^C ±0.36	**	13.92
F-test	ns	**	ns	-	-
CV	14.28	13.41	17.87	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 31 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสับปะรดตราดสีทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	DPPH (μmolTrolox equiv./g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Pineapple + PE	462.96 ^A ±27.55	218.08 ^B ±28.07	321.59 ^C ±36.09	**	9.22
Frozen Pineapple + VAC	462.96 ^A ±27.55	195.07 ^C ±38.74	321.92 ^B ±152.95	**	28.27
F-test	NS	NS	NS	-	-
CV	2.88	16.10	34.53	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางภาคผนวกที่ 32 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของสับปะรดตราดสีทองจากภาคตะวันออก ที่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 6 และ 12 เดือน

Treatments	FRAP (μmolTrolox equiv./g)			F-test	C.V. (%)
	Months after storage				
	0	6	12		
Frozen Pineapple + PE	12.63 ^B ±0.36	20.27 ^A ±1.18	11.92 ^B ±1.79	**	8.41
Frozen Pineapple + VAC	12.63 ^B ±0.36	19.57 ^A ±1.50	10.34 ^C ±2.85	**	13.20
F-test	ns	ns	ns	-	-
CV	2.88	6.79	21.39	-	-

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาของการเก็บรักษา

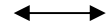
ตารางผลลัพธ์และผลสำเร็จของโครงการ

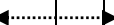
ผลลัพธ์ (Output)	ผลสำเร็จ	หมายเหตุ
1.ผลปริมาณสารพิษเคมีใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรดที่ เก็บเกี่ยวจากภาคตะวันออก และภาคใต้ของประเทศไทย ก่อนและหลังตัดแต่งแปรรูปแช่ เยือกแข็ง	100%	เสร็จตามกำหนดเวลา
2.ศึกษาปริมาณสารพิษเคมี ใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรด แช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บ รักษาเป็นเวลา 1 ปี	100%	เสร็จล่าช้ากว่ากำหนดโครงการ เดิมเนื่องจากต้องรอเก็บตัวอย่าง ผลผลิตตามฤดูกาลที่ออก

ตารางการเก็บตัวอย่างผลไม้เพื่อใช้ในการวิจัย

ชนิดผลไม้	ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารพิษเคมี		
	0 เดือน	6 เดือน	12 เดือน
ทุเรียนจากภาคใต้	ตุลาคม 2556	เมษายน 2557	ตุลาคม 2557
ทุเรียนจากภาค ตะวันออก	พฤษภาคม 2557	พฤศจิกายน 2557	พฤษภาคม 2558
มังคุดจากภาคใต้	กันยายน 2557	มีนาคม 2558	กันยายน 2558
มังคุดจากภาคตะวันออก	กรกฎาคม 2557	มกราคม 2558	กรกฎาคม 2558
สับปะรด	ธันวาคม 2556	มิถุนายน 2557	ธันวาคม 2557

แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

 = กิจกรรมที่เสนอในโครงการเดิม
  = การดำเนินการจริง

กิจกรรม	เดือน (เริ่มนับเมื่อเซ็นสัญญา)																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	กค	สค	กย	ตค	พย	ธค	มค	กพ	มีค	เมย	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค	พย	ธค	มค	กพ	มีค	เมย	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค
1. ติดต่อประสานงานสวนผลไม้ และบริษัทผลิตผลไม้แช่เยือกแข็ง																												
2. ศึกษาปริมาณสารพิษเคมีสำคัญในทุเรียนก่อนและหลังกระบวนการแช่เยือกแข็งในเขตภาคตะวันออกและภาคใต้				ทุเรียนใต้									ทุเรียนตะวันออก															
3. ศึกษาปริมาณสารพิษเคมีสำคัญในมังคุดก่อนและหลังกระบวนการแช่เยือกแข็งในเขตภาคตะวันออกและภาคใต้													มังคุดตะวันออก		มังคุดใต้													
4. ศึกษาปริมาณสารพิษเคมีสำคัญในสับปะรดก่อนและหลังกระบวนการแช่เยือกแข็งในเขตภาคตะวันออก								สับปะรด																				
5. ศึกษาปริมาณสารพิษเคมีสำคัญในทุเรียน มังคุดและสับปะรดแช่เยือกแข็งที่เก็บตัวอย่างจากข้อ 2-4												ทุเรียนใต้																
6. ศึกษาปริมาณสารพิษเคมีในทุเรียนแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออกและภาคใต้ที่เก็บรักษา 6 เดือน												ทุเรียนใต้						ทุเรียนตะวันออก										
7. ศึกษาปริมาณสารพิษเคมีในมังคุดแช่เยือกแข็งจากภาคตะวันออกและภาคใต้ ที่เก็บรักษา 6 เดือน																			มังคุดตะวันออก					มังคุดใต้				

ผลงานในแต่ละช่วงเวลาตามที่ได้ดำเนินการจริง

เดือนที่	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลงานที่ทำได้จริง
1-6	1. ได้ข้อมูลปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของ ทุเรียน มังคุด และ สับปะรดแช่แข็ง เปรียบเทียบกับผลสด 2. รายงานความก้าวหน้า	1. ทราบผลของกระบวนการตัดแต่งและการทำเยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงสารพฤษเคมีในทุเรียนจากภาคใต้ 2. รายงานความก้าวหน้า
6-12	1. ได้ข้อมูลปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญของ ทุเรียน มังคุด และ สับปะรดแช่เยือกแข็ง ที่เก็บรักษาแบบสุญญากาศและ ถุงพลาสติก PE เป็นเวลา 6 เดือน	1. ได้ข้อมูลของกระบวนการตัดแต่งและการทำเยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงสารพฤษเคมีในทุเรียนจากภาคตะวันออก และมังคุด ตะวันออกบางส่วน 2. ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญในทุเรียน ภาคใต้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนบางส่วน
12-18	1. ได้ข้อมูลปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญของ ทุเรียน มังคุด และ สับปะรดแช่เยือกแข็ง ที่เก็บรักษาแบบ สุญญากาศและถุงพลาสติก PE เป็นเวลา 12 เดือน 2. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	1. ทราบผลของกระบวนการตัดแต่งและการทำเยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงสารพฤษเคมีในทุเรียนจากภาคตะวันออก มังคุด ตะวันออก มังคุดใต้ 2. ทราบผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญในทุเรียน ภาคใต้และทุเรียนภาคตะวันออกบางส่วน มังคุดภาคตะวันออก บางส่วน ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน
18-28		1. ทราบผลของกระบวนการตัดแต่งและการทำเยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงสารพฤษเคมีในตัวอย่างทั้งหมด 2. ทราบผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญใน ทุเรียน มังคุด และสับปะรดแช่เยือกแข็ง ใน บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

เดือนที่	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลงานที่ทำได้จริง
29		รวบรวมเล่มและส่งรายงานฉบับสมบูรณ์

หมายเหตุ การดำเนินโครงการวิจัยไม่อาจเป็นไปตามกำหนดการตามข้อเสนอโครงการเดิม เนื่องจากผลผลิตทุเรียนจากภาคตะวันออกสามารถเก็บผลผลิตได้ในเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม 2557 และต้องทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในตัวอย่างทุเรียนแช่เยือกแข็ง ในระยะเวลา 6 และ 12 เดือนของการเก็บรักษา ซึ่งจะทำการวิจัยแล้วเสร็จในเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2558 นอกจากนี้ผลผลิตมังคุดจากภาคใต้สามารถเก็บผลผลิตได้ในเดือนสิงหาคม-กันยายน 2557 และต้องทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในตัวอย่างมังคุดแช่เยือกแข็ง ในระยะเวลา 6 เดือน และ 12 เดือนของการเก็บรักษา ซึ่งจะแล้วเสร็จในเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน 2558

ผลของกระบวนการตัดแต่งและการแช่เยือกแข็งต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในทุเรียนพันธุ์หมอนทอง Effect of fresh cut and freezing process on bioactive compound of durian cv. Monthong

พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย¹ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ¹ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา¹ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์¹
Panida Boonyaritthongchai¹ Apiradee Uthairathanakij¹ Sailom Sampanvejsobha¹ and Pongphen Jitareerat¹

Abstract

Bioactive compounds as beta-carotene, flavonoid, phenolic acid, vitamin C and antioxidant activity of fresh, fresh-cut and frozen durian was investigated in this research. The results showed that fresh durian contained 10.98 $\mu\text{g}/100\text{g}$ FW of β -carotene, 20.0 mg/g FW of vitamin C, 0.16 mg/100g FW of flavonoid, 41.76 mg GAE/g FW of phenolic acid, 461.88 μmol Trolox equiv./g of antioxidant activity of DPPH radical and 13.20 μmol Trolox equiv./g of antioxidant activity of FRAP radical, respectively. Fresh-cut processing effected on increasing of β -carotene (29.89 $\mu\text{g}/100\text{g}$ FW), phenolic content (50.03 mg GAE/g FW), antioxidant activity of DPPH and FRAP radical (596.36 and 13.64 μmol Trolox equiv./g), respectively. In contrast with the decreasing of vitamin C (14.37 mg/g FW) was found in this sample when compared with fresh durian. Moreover, freezing process reduced phenolic and vitamin C content (42.73 mg GAE/g FW, 15.06 mg/g FW) but no significant difference of flavonoid content (0.21 mg/100g FW) was observed.

Keywords: Durian, β -carotene, flavonoid, phenolic acid, antioxidant activity of DPPH radical, antioxidant activity of FRAP radical, vitamin C

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic acid) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ในทุเรียนที่มีแหล่งปลูกจากภาคใต้ ซึ่งเก็บตัวอย่างนำมาวิเคราะห์จากผลสด (fresh) ผลตัดแต่งหั่นชิ้น (fresh cut) และผลหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง (frozen fruit) ผลการศึกษาพบว่า ทุเรียนผลสดมี เบต้าแคโรทีน (10.98 $\mu\text{g}/100\text{g}$ FW) วิตามินซี (20.0 mg/g FW) ฟลาโวนอยด์ (0.16 mg/100g FW) ฟีนอลิก (41.76 mg GAE/g FW) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (461.88 μmol Trolox equiv./g) และ FRAP (13.20 μmol Trolox equiv./g) ทุเรียนที่ผ่านการตัดแต่งหั่นชิ้นมีปริมาณเบต้าแคโรทีน (29.89 $\mu\text{g}/100\text{g}$ FW) สารประกอบฟีนอลิก (50.03 mg GAE/g FW) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (596.36 μmol Trolox equiv./g) และ FRAP (13.64 μmol Trolox equiv./g) เพิ่มขึ้น และมีปริมาณวิตามินซี (14.37 mg/g FW) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลสด ส่วนกระบวนการแช่เยือกแข็งมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (42.73 mg GAE/g FW) ปริมาณวิตามินซี (15.06 mg/g FW) ลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ (0.21 mg/100g FW)

คำสำคัญ: ทุเรียน, เบต้าแคโรทีน, ฟลาโวนอยด์, สารประกอบฟีนอลิก, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP, วิตามินซี

¹หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ที่นำเงินตราเข้าประเทศและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เป็นที่นิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่การส่งออกทุเรียนในรูปผลสดมีข้อจำกัดมากมาย ได้แก่ การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น ไม่สามารถส่งไปตลาดต่างประเทศที่ห่างไกล การควบคุมโรคและแมลงไม่ให้ติดไปกับผลิตภัณฑ์ การป้องกันการกระทบกระเทือนจากการขนส่ง ดังนั้นการแปรรูปเป็นผลไม้แช่เยือกแข็งจึงเป็นอีกหนึ่งหนทางที่ช่วยลดข้อจำกัดเหล่านี้ นอกจากนี้เกษตรกรผู้ปลูกยังสามารถนำผลไม้เกรดรองลงมาที่ไม่สามารถจำหน่ายในรูปผลสด และผลไม้ที่ออกมากจนล้นตลาดไม่สามารถจำหน่ายผลสดได้ทันนำมาส่งโรงงานแปรรูปแช่แข็งเพื่อส่งจำหน่ายได้ ในปี 2554 ประเทศไทยส่งออกทุเรียนแช่แข็ง 15,788 ตัน (กระทรวงพาณิชย์, 2555) มูลค่าการส่งออกผลไม้สดและผลไม้แช่แข็งมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยประเทศจีนเป็นตลาดส่งออกผลไม้สดแช่แข็งของประเทศไทยอันดับหนึ่ง รองลงมาได้แก่ ฮองกง อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา ในประเทศสหรัฐอเมริกาผู้บริโภคใช้จ่ายเงินมากกว่าหมื่นล้านเหรียญสหรัฐต่อปีกับอาหารเพื่อสุขภาพ รวมถึงผักและผลไม้ซึ่งมีสารพฤกษเคมี (phytochemicals) เป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพ มีรายงานว่าสารพฤกษเคมีมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นสารเสริมภูมิคุ้มกันโรคต่างๆ เช่น ยับยั้งการเกิดมะเร็ง ลดระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน (Mai et al, 2007; Peluso, 2006; Ross et al, 2002) ซึ่งผู้บริโภคเอเชียเริ่มสนใจเกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา นอกจากนี้ยังมีผู้กล่าวว่าบางครั้งผลไม้แช่แข็งมีประโยชน์กว่าผลไม้สด เนื่องจากผลไม้สดกว่าจะมาถึงผู้บริโภค ก็อาจสูญเสียวิตามินไปในระหว่างการเดินทาง การขนส่ง แต่ผลไม้แช่แข็งมักมีคุณค่าทางอาหารอยู่ครบถ้วน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic acid) วิตามินซี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ในทุเรียนรูปผลสด ตัดแต่ง และแช่เยือกแข็ง

วัสดุและวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้ทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ปลูกอยู่ในเขตจังหวัดภาคใต้ โดยในการทดลองนี้ ทำเก็บตัวอย่างทุเรียนที่โรงงานแปรรูปแช่เยือกแข็ง โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างทุเรียนตั้งแต่เข้าสู่โรงงาน ผลสด (Fresh durian)
2. เก็บตัวอย่างทุเรียนที่ผ่านการคัดแยก ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก ตัดแต่ง (Fresh-cut durian)
3. เก็บตัวอย่างทุเรียนที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (Frozen durian) โดยการเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ข้ำ

นำตัวอย่างทุเรียนมาวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ เบต้าแคโรทีน สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP

ผลการทดลองและวิจารณ์

กระบวนการแช่เยือกแข็ง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยพบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ของทุเรียนผลสดก่อนการตัดแต่ง หลังการตัดแต่ง และหลังการแช่เยือกแข็ง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทุเรียนผลสด ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ เท่ากับ

¹หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

0.16 0.19 และ 0.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (รูปที่ 1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่าทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าทุเรียนผลสด โดยทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 29.89 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และทุเรียนผลสดมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 10.98 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนทั้งสองตัวอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับทุเรียนแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 15.92 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (รูปที่ 2) นอกจากนี้ พบว่าทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็งอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ในขณะที่ทุเรียนผลสดและทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 50.03 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ทุเรียนผลสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 41.76 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 42.73 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 3) นั้นแสดงว่า การแช่เยือกแข็ง มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ลดลง สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของทุเรียนก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุเรียนผลสดมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 14.37 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และทุเรียนแช่เยือกแข็งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.06 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (รูปที่ 4) จากผลการทดลองที่ได้ สามารถกล่าวได้ว่า กระบวนการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในทุเรียน การทดสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลอง ด้วยวิธี Ferric reducing / antioxidant power (FRAP) assay และ DPPH radical scavenging activity พบว่า ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 596.36 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ในขณะที่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 461.88 และ 469.49 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ (รูปที่ 5) สำหรับการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เป็นการใช้อนุสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{3+} -TPTZ (Ferric tripyridyl triazine) จะถูกรีดิวซ์โดยสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{2+} -TPTZ (Ferrous tripyridyl triazine) ซึ่งสารสีน้ำเงินสารนี้จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP พบว่า ทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง อย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 13.64 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ ในขณะที่ทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 13.20 และ 13.34 $\mu\text{mol Throlox equiv. /g}$ (รูปที่ 6)

กระบวนการตัดแต่งและแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยสารฟลาโวนอยด์หลายชนิดที่พบในทุเรียนหมอนทอง เช่น catechin, epicatechin 3-gallate, kaemferol, myricetin (รัชนิ และคณะ 2552) ฟลาโวนอยด์สามารถเข้าไปยับยั้งการทำงานของกระบวนการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระ

¹หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ต่างๆในร่างกาย พืชสามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ไว้สำหรับป้องกันตัวเองให้รอดพ้นจากศัตรูพืช และแสงแดด รัชนี และคณะ (2552) รายงานว่าปริมาณสารอาหารต่างๆมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก เนื่องจากปัจจัยของกระบวนการก่อนการเก็บเกี่ยว กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนวิธีการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีผลอย่างมากต่อคุณค่าสารอาหารชนิดต่างๆในผลไม้ ทูเรียนที่ตัดแต่งพันธุ์ขึ้นมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าผลสดและที่แช่เยือกแข็ง เบต้าแคโรทีนเป็นสารประกอบประเภทแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบในธรรมชาติในผักและผลไม้ที่มีสีเหลือง ส้ม แดง และเป็น precursor ของวิตามินเอ และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้ความสุกแก่ของผลไม้ในระยะต่างๆมีผลต่อปริมาณการสังเคราะห์สารฟลักซ์เคมี และปริมาณสารประกอบคาโรทีนอยด์ Ferante และคณะ (2009) พบว่าผักกาดแก้วที่ผ่านการตัดแต่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่า โดยปริมาณฟีนอลิกที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP จากการตรวจสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAP จะเห็นว่าทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้ว มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็งแต่ผลสดและแช่เยือกแข็งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP โดยทุเรียนที่ปอกเปลือกตัดแต่งแล้วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงกว่าทุเรียนผลสด และทุเรียนแช่เยือกแข็ง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณเบต้าแคโรทีน โดยสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มหลักในพืชที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มาก ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์กับอนุมูลอิสระ โดยสารโพลีฟีนอลจะให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระทำให้เป็นกลาง ส่วนโพลีฟีนอลที่เสียอิเล็กตรอนไปแล้ว จะรวมตัวกันเองเกิดเป็นสารโพลีฟีนอลใหม่ที่เสถียร (Tsao R., 2010; Visioli et al., 2011) การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในทุเรียนสอดคล้องกับ De Ancos, 2000 รายงานว่ากระบวนการแช่แข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในสตรอเบอร์รี่ (Sahari et al., 2004) ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีของผลทุเรียนสดมีปริมาณสูงสุด และมีปริมาณลดลงเมื่อผ่านกระบวนการตัดแต่งและไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง เช่นเดียวกับพลราสเบอร์รี่และถั่วลิสงเตาที่มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง (Bonwick และ Birch, 2013)

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยสำหรับงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รัชนี คงคาญฉาย, วริญ เจริญศิริ และ พงศธร สังข์เผือก, 2552, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ “โครงการคุณค่าโภชนาการของผลไม้ไทยเพื่อสุขภาพ และมูลค่าเพิ่ม”, สัญญาเลขที่ RDG5120065, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 84 น.

Bonwick, G. and Catherine, S.B., 2013, “Antioxidants in Fresh and Frozen Fruit and Vegetables: Impact study of varying storage conditions”, Client Technical Report, University of Chester, 36 p.

De Ancos, B., González, E.M. and Cano, M.P., 2000, “Ellagic Acid, Vitamin C, and Total Phenolic Contents and Radical Scavenging Capacity Affected by Freezing and Frozen Storage in Raspberry Fruit”, J. Agric. Food Chem, 48, 4565–4570.

¹หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

Ferrante, A., Martinetti, L. and Maggiore, T., 2009, “Biochemical changes in cut vs. intact lamb’s lettuce (*Valerianella olitoria*) leaves during storage”, *Int. J. Food Sci. Tech.*, 44(5): 1050-1056

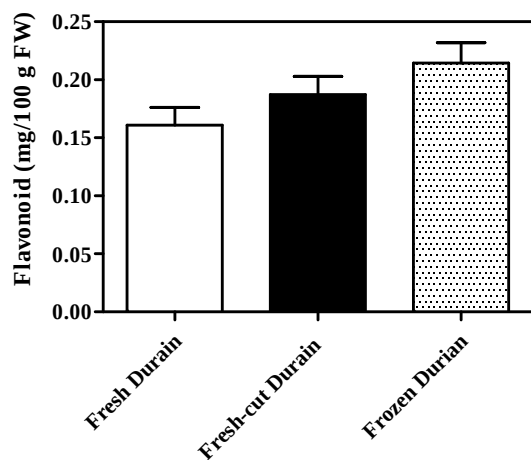
Sahari, M.A., Boostani, F.,M., Hamidi, E.,Z., 2004. Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. *Food Chem.* 86, 357-363

Tsao, R., 2010, “Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols”, *Nutrients*, 2: 1231-1246.

Visioli, F., De La Lastra, C.A., Andres-Lacueva, C., Aviram,M., Calhau, C., Cassano, A., D’Archivio, M., Faria, A., Fave, G., Fogliano, V., Llorach, R., Vitaglione, P., Zoratti, M. and Edeas, M., 2011, “Polyphenols and human health: A prospectus”, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 51(6):524–46.

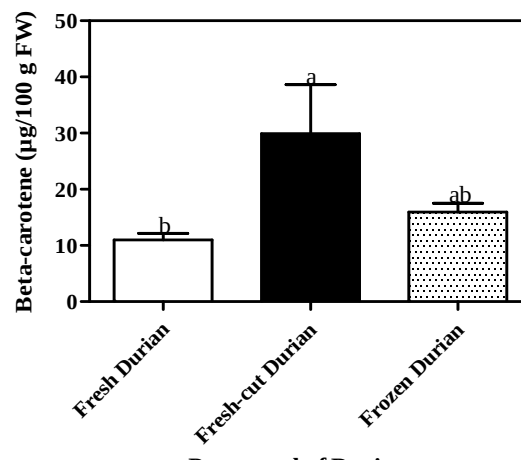
¹หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140



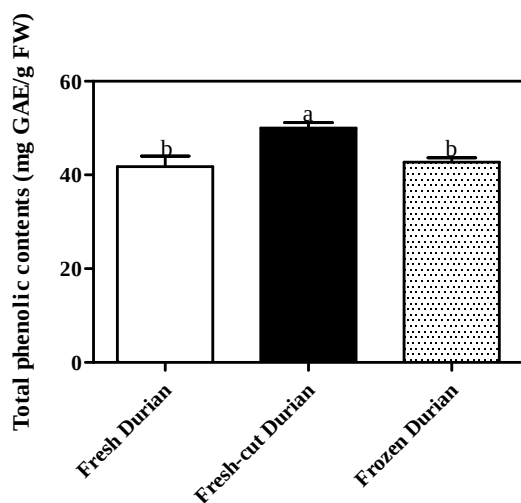
Processed of Durian

รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ของทุเรียนผลสด ตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง



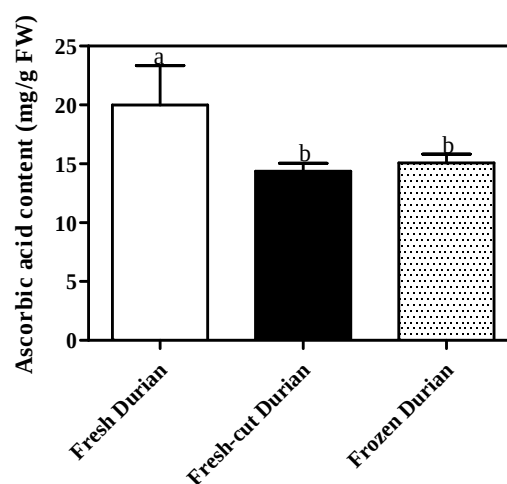
Processed of Durian

รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีนของทุเรียนผลสด ตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง



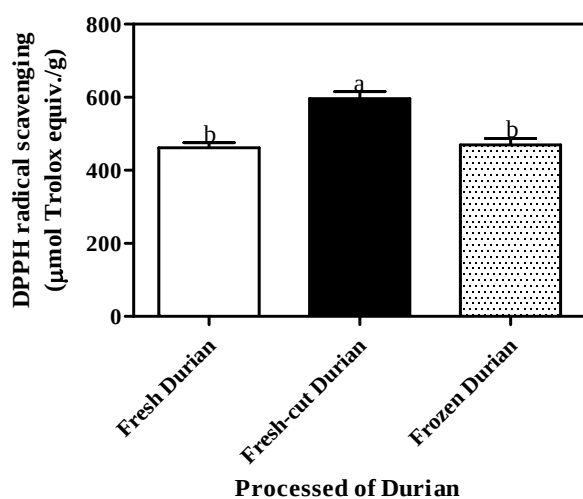
Processed of Durian

รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของทุเรียนผลสด ตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง

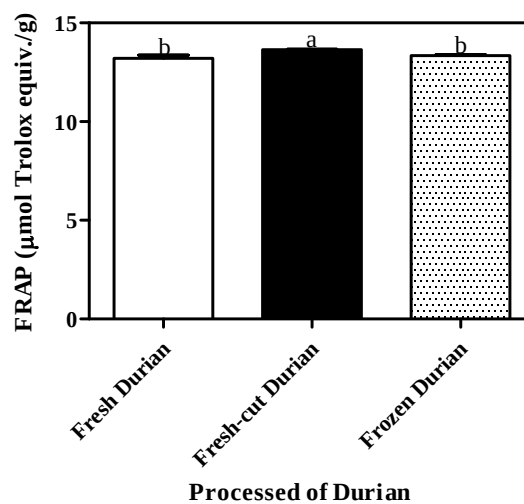


Processed of Durian

รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของทุเรียนผลสด ตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง



รูปที่ 5 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของทุเรียนผลสด ตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง



รูปที่ 6 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ของทุเรียนผลสด ตัดแต่งและแช่เยือกแข็ง

¹หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140