สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการเตรียมขั้นต้นและการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพหลักทางเคมีกายภาพและโภชนาการของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

Effect of pretreatment and vacuum frying on main physicochemical and nutritional qualities of banana chips

นายประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TP
441
.B34
ป319ผ
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 130276
รับ, เดือน, ปี 2 เม.ย. 2557
.b 12597260
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ผลของการเตรียมขั้นต้นและการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพหลักทางเคมีกายภาพและโภชนาการของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 266,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554 /

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ รศ. ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและวิธีเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง และเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและการทอดแบบปกติ โดยทดลองใช้อุณหภูมิในการทอดที่ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทอด 10, 20 และ 30 นาที ที่ความดัน 60 มิลลิเมตรปรอท นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมันทั้งหมด ค่าสี L*, a*, b* และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE^*) รวมถึงการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 7 – point Hedonic scale พบว่าการทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและค่า L* ของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณไขมันทั้งหมด ค่า a* ค่า b* และค่า ΔE^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้นมีผลต่อเฉพาะค่า a* และปริมาณไขมันทั้งหมดที่สูงขึ้นเท่านั้น เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส ร่วมกับคุณภาพทางเคมีกายภาพ สามารถสรุปได้ว่าที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศที่เหมาะสมดังกล่าวและการทอดแบบปกติ คือ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่าตัวอย่างที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณ วิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่า โดยมีค่า ΔE^* ต่ำกว่าตัวอย่างที่ได้จากการทอดแบบปกติ

จากการทดลองแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล 3 ชนิด คือ ซีสเตอีน แคลเซียมคลอไรด์ และกรดแอสคอร์บิก พบว่าการแช่สารละลายซีสเตอีน ก่อนทอด มีผลทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่าและมีค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*) ต่ำกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านการแช่แคลเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีน หรือกรดแอสคอร์บิก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการแช่สารละลายซีสเตอีนทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นการใช้กรดแอสคอร์บิกในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองนี้

การเคลือบชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติช่วยลดการดูดซับน้ำมัน 3 ชนิด คือ CMC กัวกัม และแพคติน ก่อนทอด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย กัวกัม และ CMC สามารถช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ 9.45 และ 5.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่การเคลือบสารละลายแพคตินก่อนทอดนั้นไม่สามารถช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบ ไม่ต่างกันระหว่างตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบ CMC และกัวกัม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากัวกัมเป็นสารที่เหมาะสมในการเคลือบชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนทอดเพื่อช่วยลดการดูดซับน้ำมัน ในการศึกษาผลของการแช่แข็งตัวอย่างชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนทอด พบว่ามีผลทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลง 1.45 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งก่อนทอด ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ การทอดสุญญากาศ กล้วย กล้วยทอดกรอบ การเตรียมขั้นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Effect of pretreatment and vacuum frying on main physicochemical and nutritional qualities of banana chips

Researcher: Assoc. Prof. Dr. Praphan Pinsirodom

Faculty: Agro-industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate the effect of frying temperature and time as well as pre-treatment methods on the physicochemical and sensory quality of banana chips prepared by vacuum frying and to compare the quality of banana chips prepared by vacuum and conventional frying. The sliced banana was fried under vacuum at (60 mmHg) temperature 90, 100 and 110 °C and for 10, 20 and 30 min. The banana chips obtained were analyzed for moisture content, oil content, color parameters; L*, a*, b* and ΔE^* values and sensory test by 7 – point Hedonic scale method. Increasing of frying temperature resulted in the reduction of moisture content and L* values and the increase of oil content, b* and ΔE^* values of the banana chips ($p \leq 0.05$) However, only a* values and oil content of the banana chips increased when the frying time was increased from 10 to 30 min ($p \leq 0.05$). According to the sensory evaluation and physicochemical quality, it could be concluded that frying temperature at 110 °C for 10 min was the suitable condition for the vacuum frying of banana chips. In addition, banana chips prepared by vacuum frying under the suitable condition exhibited higher content of total polyphenol, DPPH scavenging activity vitamin C and carotene content but lower ΔE^* value when compared to the samples prepared by conventional frying (150 °C, 10 min).

Effect of pre-treatment of banana slices by dipping in different antibrowning solutions; cysteine, calcium chloride or ascorbic acid before vacuum frying was investigated. It was found that dipping of banana slices in cysteine solution resulted in banana chips with significantly higher lightness (L*) and lower color difference value (ΔE^*) compared to those dipping in the ascorbic acid solution ($p \leq 0.05$),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

while no significant difference when compared to the sample dipping in calcium chloride solution. The banana chip samples obtained when treated with cysteine or ascorbic acid solution before vacuum frying showed the highest total phenolie content. However, sensory quality revealed that sample obtained when the cysteine solution was used as antibrowning agent exhibited the off odor and taste. Thus, ascorbic acid solution was suitable antibrowning agent for the pre-treatment of the banana slices before vacuum frying.

Moreover, coating of the banana slices before vacuum frying by dipping in the solution of CMC, guar gum or pectin to reduce the oil absorption showed that coating of banana slices by guar gum and CMC could reduce the oil content by 9.45 and 5.89 %, respectively, compared to the control sample. On the other hand, coating with pectin had no effect in the reduction of oil absorption of banana chips. Coating of banana slices by CMC and guar gum showed no difference in the sensory quality; therefore, the guar gum was selected as the suitable agent to reduce oil absorption of banana chips. In addition, freezing of banana slices before vacuum frying resulted in banana chips with 1.45 times lower in hardness compared to the control samples. The result from sensory evaluation also confirmed that, banana chips prepared from the frozen banana slices had bester texture quality compared to the control sample.

Keywords: vacuum frying, banana, banana chip, pretreatment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องผลของการเตรียมขั้นต้นและการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพหลักทางเคมีกายภาพและโภชนาการของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ กวีพร ศานติสุนทร ผู้ช่วยวิจัยที่มีส่วนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณบริษัท บ้านคลังทอง จำกัด ที่ช่วยออกแบบ ให้คำแนะนำ รวมทั้งซ่อมบำรุงเครื่องทอดสุญญากาศ และขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการให้บริการมาโดยตลอด

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญภาพ.....XII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ลักษณะทั่วไปของกล้วยน้ำว้า.....4

2.2 คุณค่าเชิงสุขภาพของกล้วยน้ำว้า.....4

2.3 อนุมูลอิสระ.....5

2.4 สารต้านออกซิเดชัน.....5

2.5 สารประกอบฟีนอลิก.....6

2.6 วิตามินซี.....8

2.7 วิตามินเอ.....9

2.8 กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง.....10

2.9 การทอดภายใต้สุญญากาศ.....12

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทอดภายใต้สุญญากาศ.....13

2.11 การใช้สารไฮโดรคอลอยด์ในการลดการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด.....15

2.12 การลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 19

3.1 วัตถุดิบ..... 19

3.2 เครื่องมือ..... 19

3.3 สารเคมี..... 19

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... 20

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้า..... 20

3.4.2 วิธีการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง..... 20

3.4.3 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะสุญญากาศ..... 20

3.4.4 การเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดด้วยสภาวะสุญญากาศ และที่ได้จากการทอดที่สภาวะปกติ..... 21

3.4.5 ผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง..... 22

3.4.6 ผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติช่วยลดการดูดซับน้ำมันต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง..... 23

3.4.7 ผลของการแช่แข็งชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนการทอด ต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง..... 24

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 25

4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะสุญญากาศ..... 25

4.2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดด้วยสภาวะสุญญากาศ และที่ได้จากการทอดที่สภาวะปกติ..... 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง..... 36

4.4 ผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติในการดูดซับน้ำมันต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง..... 40

4.5 ผลของการแช่แข็งชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนการทอด ต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง..... 46

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....51

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 51

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 53

บรรณานุกรม.....54

ภาคผนวก ก. วิธีการใช้เครื่องทอดในระบบสุญญากาศ.....58

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น..... 61

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดและการวิเคราะห์ค่าสี..... 63

ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส 65

ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน..... 66

ภาคผนวก ฉ. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด.....68

ภาคผนวก ช. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH..... 72

ภาคผนวก ซ. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี..... 77

ภาคผนวก ฌ. การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด..... 83

ภาคผนวก ญ. การทดสอบทางประสาทสัมผัส.....86

ภาคผนวก ฎ. ภาพผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง.....88

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย..... 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิในการทอดต่างกัน.....28

4.2 ค่าความชื้น ปริมาณสี ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี และปริมาณน้ำมันทั้งหมด ในกล้วยทอดกรอบแผ่นบางและค่าความชื้น ค่าสี ในกล้วยน้ำว้าสด.....30

4.3 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของในกล้วยน้ำว้าสด กล้วยน้ำว้าฝานบาง (ก่อนทอด) กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง และปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง 32

4.4 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เปรียบเทียบกับการทอดที่สภาวะปกติ.....35

4.5 ปริมาณความชื้น ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH ของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศ ที่ผ่านการแช่สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนทอด และตัวอย่างควบคุม (ไม่ผ่านการแช่).....38

4.6 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่ผ่านการแช่สาระลายแคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....39

4.7 ปริมาณความชื้น ค่าสี และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด.....41

4.8 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 ปริมาณความชื้น ค่าสี ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณน้ำมันทั้งหมด ความแข็ง และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านขั้นตอนการแช่แข็งก่อนทอดเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....47

4.10 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านขั้นตอนการแช่แข็งก่อนทอดเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....49

ข.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศที่เวลา และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน.....62

ค.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 63

ค.2 ค่าค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศในเวลาและอุณหภูมิที่ต่างกัน..... 64

ค.3 ค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศโดยผ่านการแช่สาระลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิกก่อนการทอด.....64

ง.1 สภาวะที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัส.....65

จ.1 ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศ ที่เวลาและอุณหภูมิต่างกัน.....67

จ.2 ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....67

ฉ.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....71

ช.1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม..... 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ซ.1 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แผนผังเครื่องทอดสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง	13
2.2	การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล	17
3.1	ขั้นตอนในการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	20
4.1	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศที่เวลาและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน	25
4.2	ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศที่เวลาและอุณหภูมิต่างกัน	26
4.3	ค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศในเวลาและอุณหภูมิที่ต่างกัน	27
4.4	ค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศโดยผ่านการแช่สาระลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนการทอด	37
4.5	ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศของตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ และตัวอย่างควบคุม	42
4.6	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศของตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ และตัวอย่างควบคุม	43
4.7	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศของตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ และตัวอย่างควบคุม	44
4.8	ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศของตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ และตัวอย่างควบคุม	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ก.1 เครื่องทอดระบบสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง..... 58

ก.2 ชุดเครื่องทอดระบบสุญญากาศ สวิทช์ เกจ และวาล์ว ที่ใช้ในขั้นตอนการทอดในสภาวะสุญญากาศ.....59

ฉ.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร.....69

ช.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปริมาณวิตามินซีและเปอร์เซ็นต์การยังยั้งอนุมูลอิสระ DPPH.....73

ซ.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปริมาณวิตามินซีและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร.....81

ฌ.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปริมาณแคโรทีนอยด์และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร.....84

ฎ.1 ตัวอย่างกล้วยแผ่นบางทอดกรอบที่ได้จากการทอดที่สภาวะปกติ (A) เปรียบเทียบกับการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ (B).....88

ฎ.2 ตัวอย่างกล้วยแผ่นบางทอดกรอบที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) ซีสเตอีน (C) กรดแอสคอร์บิก (D) ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (A)..... 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของงานวิจัย

การบริโภคผักและผลไม้เป็นประจำมีส่วนช่วยในการป้องกันและลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคร้ายแรงต่างๆ ได้ เนื่องจากผักและผลไม้มีองค์ประกอบของสารพฤษเคมี (phytochemicals) หลายชนิด โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (anti - oxidant) กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่เป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้ดี ที่ระดับความสุกมากขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชั่นของกล้วยน้ำว้าจะมีแนวโน้มลดลง (ชุลีกร, 2549) ในระดับอุตสาหกรรมนิยมนำกล้วยน้ำว้าดิบแปรรูปเป็นกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ซึ่งกรรมวิธีโดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ คือ การนึ่งกล้วยน้ำว้าดิบทั้งผลเพื่อให้ง่ายต่อการปลอกเปลือก การฝานเป็นชิ้นบาง ผึ่งชิ้นกล้วยบนตะแกรงหรือบ่มในถุงพลาสติกเพื่อปรับความชื้นให้ใกล้เคียงกัน จากนั้นนำไปทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำขึ้นมาสะเด็ดน้ำมันแล้วนำไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิประมาณ 50 – 70 องศาเซลเซียส นาน 15 – 30 นาที เพื่อเพิ่มความกรอบของผลิตภัณฑ์ (มณฑาทิพย์ และคณะ, 2548) ซึ่งขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และคุณค่าเชิงคุณภาพของกล้วยน้ำว้า โดยเฉพาะขั้นตอนการทอด ซึ่งชิ้นกล้วยสัมผัสกับอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน จากข้อมูลงานวิจัยพบว่า การนึ่ง การหั่นเป็นชิ้นบาง การเก็บในถุงพลาสติกและการทอด มีผลทำให้สูญเสียปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดคิดเป็น 28, 57, 73, และ 98.2 เปอร์เซ็นต์ จากเริ่มต้น ตามลำดับ โดยการลดลงของสมบัติการต้านอนุมูลอิสระก็เกิดขึ้นในลักษณะที่สอดคล้องกัน (รามราช, 2550) จะเห็นได้ว่าสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นสารที่มีคุณค่าเชิงสุขภาพชนิดหนึ่งในกล้วยน้ำว้าถูกทำลายไปเกือบหมดหลังจากการทอด ดังนั้นการหาแนวทางในการลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและคุณค่าเชิงสุขภาพของกล้วยน้ำว้าในระหว่างการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์

การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ (vacuum frying) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเมื่อเปรียบเทียบกับการทอดโดยวิธีปกติหลายประการ กล่าวคือ รักษาคุณภาพของสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ คงคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอดไว้ได้นาน รวมทั้งสามารถลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากการทอดภายใต้สภาวะการลดความดันจะทำให้สามารถทอดอาหารที่อุณหภูมิต่ำลงได้ และเป็นสภาวะที่มีออกซิเจนในระดับต่ำ จึงสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาของอาหารกับออกซิเจนได้ (Mariscal and Bouchon, 2008, Perez-Tinoco et al., 2008)

ในการป้องกันหรือลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างกรรมวิธีการแปรรูปอาหารนั้น สามารถทำได้หลายแนวทาง วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การเตรียมวัตถุดิบขั้นต้น (pretreatment of raw material) ตัวอย่างเช่น การแช่ชิ้นผักหรือผลไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบ-ซัลไฟต์ สามารถลดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์หลังการทอดได้ นอกจากนี้การแช่วัตถุดิบก่อนทอดในสารละลายบางชนิด เช่น มอลโตเดกซ์ตริน หรือ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส สามารถช่วยลดปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับโดยชิ้นอาหารได้ เป็นต้น การแช่แข็ง การลดความชื้นเบื้องต้นโดยการอบแห้ง (pre-drying) สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพโดยรวมของอาหารทอดได้เนื่องจากอาหารสัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูงในระยะเวลาที่น้อยลง (Mariscal and Bouchon, 2008)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการลดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านออกซิเดชันของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง โดยใช้เทคโนโลยีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ รวมถึงผลการเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของกล้วยทอดแผ่นบาง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ศึกษาผลของการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพหลักทางเคมีกายภาพและโภชนาการของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง
2) ศึกษาผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายบางชนิดต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ
3) ศึกษาผลของการลดความชื้นในชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนการทอด ต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิการทอดกล้วยทอดกรอบแผ่นบางในสภาวะสุญญากาศที่เหมาะสมต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ และนำผลิตภัณฑ์ที่ทอดในสภาวะที่เหมาะสมต่อการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดในสภาวะปกติ ทั้งในด้านเคมีและกายภาพ โดยข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบจะทำให้ทราบถึงความแตกต่างกันของ สี ปริมาณไขมันทั้งหมด ปริมาณความชื้น คุณภาพทางประสาทสัมผัส ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพสี และปริมาณไขมันทั้งหมดโดยการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าเริ่มต้นในสารละลายชนิดต่างๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีคุณภาพที่ดีขึ้น และได้มีการศึกษาการแช่แข็งชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนการทอดเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้สภาวะการทอดภายใต้สุญญากาศที่เหมาะสม ในการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบาง

2) ได้สภาวะการเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้นก่อนการทอด ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มีคุณภาพของสีที่ดี และการดูดซับน้ำมันลดน้อยลง มีเนื้อสัมผัสดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้า [Musa (ABB group) "Kluai Numwa"] มีชื่ออื่น ๆ คือกล้วยใต้ (เชียงใหม่ และเชียงราย) กล้วยตานีอ่อง (อุบลราชธานี) กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี) กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) ชื่อสามัญ Pisang Awak กล้วยน้ำว้ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้น กลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อมม้วนขึ้นปลายป้าน ด้านบนสีแดง อมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม เครือหนึ่งมี 7-10 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยมก้านผลยาว เปลือกหนา เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมน้ำตาลเนื้อมีสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือเรียกว่าไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพู หรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งออกได้เป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว กล้วยน้ำว้าปลูกได้ทั่วไปในประเทศไทย (เบญจมาศ, 2545)

2.2 คุณค่าเชิงสุขภาพของกล้วยน้ำว้า

ในกล้วยน้ำว้าดิบและสุกจะมีปริมาณวิตามินเอ 483 และ 375 IU ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 31 และ 14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (เบญจมาศ, 2545) นอกจากนี้กล้วยน้ำว้ายังเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน กล้วยน้ำว้าทั้งดิบและสุกจะมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดประมาณ 48-198 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะความสุกของกล้วยน้ำว้าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมบัติการต้านออกซิเดชันมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ลดลงด้วย (ชุลีกร, 2549) วิตามินเอในกล้วยน้ำว้าจะอยู่ในรูปของเบต้า-แคโรทีน ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันเช่นเดียวกับ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิก และเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าสารต้านออกซิเดชันมีส่วนสำคัญต่อการลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคต้อกระจก เป็นต้น (Bravo, 1998)

2.3 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ กลุ่มของสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่ มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ของร่างกาย อนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์จะเกิดขึ้นในกระบวนการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังโมเลกุลของน้ำ โดยส่วนใหญ่เกิดเป็นอนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species, ROS) ซึ่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxylradical, $OH^{\cdot}$) ซูเปอร์-ออกไซด์ แอนอิออน (superoxide anion, $O_2^{\cdot}$), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) กรดไฮเปอร์คลอรัส (hypochlorus, HOCl) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของสารที่เรียกว่าอนุพันธ์ของไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive nitrogen species, RNS) ที่สำคัญได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, $NO^{\cdot}$) และ เปอร์ออกไซด์ไนไตรท (peroxynitrite , $ONOO^{\cdot}$) ทั้งกลุ่มของ ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งของอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย (วัลยา และพัชรี,2542) อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกาย เช่นเกิดที่ไมโตคอนเดรียไมโครโซม เพอร์ออกไซโซม โดยเกิดจากระบบการขนส่งอิเล็กตรอน การเกิด เมตาบอลิซึม ฟาโกไซโตซิส หรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน (Punchard and Kelly, 1996) สภาวะ oxidative stress คือสภาวะที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมและป้องกันปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับที่ปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ โดยอนุมูลอิสระที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดนิวคลีอิก การสร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีน เป็นต้น และพบว่าอนุมูลอิสระก่อให้เกิดสภาวะทางพยาธิสภาพในโรคสำคัญบางโรค ได้แก่ มะเร็ง โรคหัวใจไขมันอุดตันในเส้นเลือด ไขข้ออักเสบ ต้อกระจก เป็นต้น (วัลยา และพัชรี, 2542)

2.4 สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant)

สารต้านออกซิเดชัน คือสารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในที่นี้หมายถึง สารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (วัลยา และพัชรี, 2542) สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท (Frankel and Meyer, 2000) ได้แก่

2.4.1 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของเอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ คาตาเลส (catalase) ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) เป็นต้น

2.4.2 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของวิตามิน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าว กล้อง งา และวิตามินซีในผลไม้ ผักสด เป็นต้น

2.4.3 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของแร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และสังกะสี ซึ่งทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ (co-factors) ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน

2.4.4 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของสารเคมีจากพืช (phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน (carotene) ไลโคปีน (lycopene) แซนโธฟิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(xanthophyll) แทนนิน (tannin) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) อื่นๆ เป็นต้น

2.5 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิก หรือ โพลีฟีนอล (polyphenols) เป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด โดยทั่วไปมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) มากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมู่เกาะกับวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) สารประกอบฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่า 1 หมู่นิยมเรียกว่า สารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenol) โดยส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่ละลายน้ำ มักพบรวมอยู่กับน้ำตาลในรูปไกลโคไซด์ (glycosides) โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจจะเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides) น้ำ ตาลโมเลกุลคู่ (disaccharides) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides) ก็ได้ แต่น้ำตาลที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้แก่ กาแลคโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) ไซโลส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) และอนุพันธุ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucoronicacid) กรดกาแลกตูโรนิก (glalacturonic acid) และอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดคาร์บอซิลิก (carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (organic acids) เอมีน (amines) และไขมัน (Bravo, 1998) การสร้างสารประกอบฟีนอลิกของพืชจะมีทั้งปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการเพาะปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป หรือแม้แต่วิธีการเก็บรักษาก็ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งสิ้น สารประกอบฟีนอลิกแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และนอนฟลาโว-นอยด์ (non - flavonoids) (Burns และคณะ, 2000) ฟลาโวนอยด์มี 12 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน (flavone) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) ฟลาโว-นอล (flavonol) ฟลาโวโนน (flavonone) ฟลาวาโนนอล (flavanonol) ฟลาวานอล (flavanol) ลูโคแอนโธไซยานิน (lucoanthocyanin) แอนโธไซยานิน (anthocyanin) ชาลโคน (chalcone) ไดไฮโดร-ชาลโคน (dihydrochalcone) ออโรน (aurone) และแซนโธน (xanthone) นอนฟลาโวนอยด์ ที่สำคัญได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ตัวอย่างของกรดฟีนอลิกที่พบมากในผลไม้ทั่วไป คือ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดโปรโตเคทิชิวอิก (protocatechuic acid) กรดวานิลิก (valillic acid) กรดพาราคูมาริก (p-coumaric acid) กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) เป็นต้น นอกจากนี้ นอนฟลาโวนอยด์ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ ไฮดรอกซีซินนาเมต (hydroxycinnamate) สติล-บิเนส (stibinase) ความคงตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลสารประกอบฟีนอล ซึ่งได้แก่ (วิวัฒน์,2545)

1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีบทบาทต่อสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างซึ่งจะมีผลทำให้หมู่ ไฮดรอกซิลเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงน่าจะมีผลต่อสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบ ฟีนอลด้วยเช่นกัน

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิสูงในระหว่างกระบวนการแปรรูปจะมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลโมเลกุลเล็กๆระเหยกลายเป็นไอได้ ในขณะที่ฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างแบบ C6 - C3 -C6 โดยมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอซิลิก และวงแหวน A จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ตามลำดับ และระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ

3. แสง

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัวหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอล เช่น หมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะสามารถเรืองแสงและไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนให้เกิดเร็วขึ้นด้วย

4. เอนไซม์

ในสภาพที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase) อยู่ด้วยจะเป็นการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดได้เร็วขึ้น แต่อัตราเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไป เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ (-) - epicatechin ได้ดีกว่า(+) – catechin

5. การรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ

สารประกอบฟีนอลสามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคคาไรด์อัล-คาลอยด์และแอนโธไซยานินได้ง่าย และปฏิกิริยาอาจจะเป็นแบบสามารถผันกลับได้หรือไม่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอนไซม์และกรด เป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมา หรือเกิดพันธะโควาเลนท์รวมตัวกันเป็นสารใหม่ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ หากปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไป จะทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไป จะทำให้สารประกอบ ฟีนอลสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันไปได้

2.6 วิตามินซี (นิธิยา, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลเฮกโซส ละลายได้ดีในน้ำ จึงถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย และกระจายตัวไปตามเนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกาย พบมากที่ต่อมอะดรีนาลและต่อมพิทูอิทารี ร่างกายต้องการวิตามินซีประมาณวันละ 50 มิลลิกรัม วิตามินซีทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันและเกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างโปรตีน คอลลาเจน ดังนั้นถ้าร่างกายได้รับวิตามินซีไม่เพียงพอจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนคอลลาเจนผิดปกติมีผลต่อความแข็งแรงของหลอดเลือดต่างๆทั่วร่างกาย โดยเฉพาะเส้นเลือดฝอยจะเปราะและแตกได้ง่าย ดังนั้นเมื่อขาดวิตามินซีจึงเป็นโรคเลือดออกตามไรฟัน

วิตามินซีเป็นรีดิวซิงเอเจนต์อย่างแรง (stong reducing agent) มีความคงตัวต่ำ สลายตัวง่ายเมื่อถูกแสง อากาศ และความร้อน โลหะหนัก เช่น ทองแดงไอออนและเหล็กไอออน จะเร่งการสลายตัวของวิตามินซีให้เกิดเร็วขึ้น วิตามินซีที่อยู่ในรูป L-ascorbic acid จะมีคุณค่าทางชีวภาพ แต่ถ้าเป็น D-ascorbic acid จะไม่มีคุณค่าทางชีวภาพหรือไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์อีกหลายชนิดที่เร่งการสลายตัวของวิตามินซีได้ เช่น แอสคอร์บิกแอซิดออกซิเดช (ascorbic acid oxidase) ฟีนอลเลส (phenolase) ไซโทโครมออกซิเดส (cytochrom) และเพอร์ออกซิเดส(peroxidase) เอนไซม์แอสคอร์บิกแอซิดออกซิเดสเร่งการสลายตัวของวิตามินซีโดยตรง แต่เอนไซม์ 3 ชนิดหลังเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของวิตามินซีทางอ้อม เช่น เอนไซม์ไซโทโครมออกซิเดส จะออกซิไดส์ไซโทโครมรูปรีดิวซ์ (reduced form) เป็นไซโทโครมรูปออกซิไดส์ (oxidized form) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อกับวิตามินซีได้ หรือเอนไซม์ฟีนอเลสจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมโน-และไดไฮดรอกซี-ฟีนอลเป็นควิโนน ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับวิตามินซีทำให้ปริมาณวิตามินซีลดน้อยลง

อย่างไรก็ตาม เอนไซม์เหล่านี้พบมากในผักผลไม้สด ซึ่งจะเร่งการสลายตัวของวิตามินซีในผักและผลไม้สดได้เมื่อเนื้อเยื่อของผลไม้สดเกิดการเสียหายเนื่องจากการปอก หั่น หรือรอยช้ำในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้จะมีการทำลายเอนไซม์เหล่านี้โดยใช้ความร้อน ซึ่งทำได้โดยการลวกผักและผลไม้ในน้ำร้อน หรืออบไอน้ำในระยะเวลาสั้นๆก่อน จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ การลวกผักโดยใช้น้ำร้อนจะมีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าการใช้ไอน้ำ นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นของผักและผลไม้ที่หั่นด้วย ตัวอย่างเช่น แครรอทที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆเมื่อผ่านการลวกแล้วจะสูญเสียวิตามินซี 32-50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อหั่นชิ้นใหญ่จะสูญเสียวิตามินซี 22-33 เปอร์เซ็นต์

2.7 วิตามินเอ (นิธิยา, 2549)

วิตามินเอเป็นอนุพันธ์แอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งในอาหารพบมากในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน วิตามินเอมีสีเหลืองอ่อน ทนกรดและด่าง แต่ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศและมีออกซิเจนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูง ถูกทำลายได้ด้วยแสงอัลตราไวโอเลตหรือแสงอาทิตย์ และจะถูกทำลายเมื่อละลายอยู่ในน้ำมันที่เกิดการหืน เนื่องจากมีเพอร์ออกไซด์เกิดขึ้น

วิตามินเอ พบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น ซึ่งอยู่ในรูปเรตินอล (ratinol) เรตินอลเอสเทอร์ (retinol ester) เรตินาล (ratinal) และกรดเรติโนอิก (ratinoie acid) อาหารที่มีวิตามินเอมากที่สุด คือ น้ำมันตับปลา โดยเฉพาะปลาคอดและปลาทูน่านอกจากนี้ยังพบวิตามินเอมากในตับของสัตว์ต่างๆ ไข่แดง น้ำนม และผลิตภัณฑ์นม อาหารที่ได้จากพืชไม่มีวิตามินเอ แต่มีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่ละลายได้ในไขมันและน้ำมันเช่นเดียวกัน สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นวิตามินเอได้ที่ผนังลำไส้เล็ก ตับ และไต จึงเรียกแคโรทีนอยด์ว่าเป็นโปรวิตามินเอ (provitamin A) แคโรทีนอยด์พบมากในพืชผักที่มีสีเขียวและสีเหลือง และผลไม้ที่มีสีเหลืองหรือสีส้มแดง ซึ่งการบริโภคแครอท หรือฟักทองต้องผัดด้วยน้ำมัน จึงจะทำให้ร่างกายดูดซึมแคโรทีนอยด์ได้ดี

แคโรทีนอยด์ที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิด ได้แก่ แอลฟา-แคโรทีน บีต้า-แคโรทีน และแกมมา-แคโรทีน แคโรทีนชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่ายกายมากที่สุดคือ บีต้า-แคโรทีน ซึ่งนอกจากจะเป็นโปรวิตามินเอ แล้วยังทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่ร่างกาย ช่วยทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย จึงเป็นสารที่ช่วยชะลอความแก่และยังยั้งการเกิดมะเร็งได้

ในกระบวนการแปรรูปอาหาร หรือระหว่างการเก็บรักษา วิตามินเอและแคโรทีนถูกทำลายได้ปริมาณ 5 - 40 เปอร์เซ็นต์ ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและอุณหภูมิสูง วิตามินเอจะถูกทำลายโดยปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน และการแยกสลายโมเลกุล (fragmentation) แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจน วิตามินเอและแคโรทีนจะถูกทำลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative degradation) อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับความดันย่อย (partial pressure) ของออกซิเจน อุณหภูมิ และ a_w ของอาหาร วิตามินเอยังสลายตัวได้ง่ายในน้ำมันแร่ (mineral oil) แต่จะคงตัวในสภาวะที่เป็นด่าง และภาวะที่ใช้แปรรูปอาหารตามปกติ เช่นการพาสเจอไรเซชันน้ำนมจะไม่สูญเสียวิตามินเอและแคโรทีน แต่จะสูญเสียเมื่อสัมผัสกับแสง ดังนั้นการใช้ภาชนะบรรจุสำหรับน้ำนมที่ทึบแสงจะช่วยรักษาปริมาณวิตามินเอได้

แคโรทีนอยด์มาจากชื่อของแครอท เนื่องจากพบแคโรทีนอยด์มากในแครอท สีของ แคโรทีนอยด์จะผันแปรไปตามจำนวนของพันธะคู่ (conjugated double bond) ในโมเลกุล ถ้ามีพันธะคู่มากจะทำให้มีสีแดงเข้มขึ้น จำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของแคโรทีนอยด์ที่น้อยที่สุดมี 7 อัน ซึ่งจะให้สีเหลือง พันธะคู่อาจอยู่ในรูป *cis* หรือ *trans* ก็ได้ แต่แคโรทีนอยด์ที่พบในอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูป all-*trans* อาจพบ *cis* บ้างเป็น mono-*cis* หรือ di-*cis* แต่น้อยมาก แคโรทีนอยด์ที่มีโครงสร้างอยู่ในรูป all-*trans* จะมีสีเข้ม ถ้ามีจำนวนพันธะคู่ที่อยู่ในรูป *cis* เพิ่มมากขึ้นสีจะจางลง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนจาก *trans* เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cis คือ แสง ความร้อน และกรด เมื่ออาหารได้รับอุณหภูมิสูงจะเกิด *tran-cis* isomerization ได้ หากอยู่ในรูป *cis* มากขึ้นจะทำให้ vitamin A activity ลดลง แคโรทีนอยด์ยังสลายตัวได้ง่ายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมัน จึงถูกทำลายได้ง่ายเมื่อเกิดการออกซิเดชัน

แคโรทีนอยด์ที่พบในอาหารมีความสำคัญต่อร่างกายเพราะสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ (provitamin A) โดยเฉพาะบีต้า-แคโรทีน 1 โมเลกุล สามารถสลายตัวได้เป็นวิตามินเอ 2 โมเลกุลแต่แกมมา-แคโรทีน ซึ่งมีวงแหวน 1 อัน เมื่อสลายตัวได้วิตามินเอเพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น แคโรทีนอยด์พบมากในอาหารประเภทผักและผลไม้ จึงนิยมวิเคราะห์หาปริมาณบีตา-แคโรทีนในผักผลไม้ เพื่อใช้เป็นแหล่งของวิตามินเอ ซึ่งบีต้า-แคโรทีนยังมีความสามารถเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ (<150 torr O_2) และอาจเป็น pro-oxidant ในสภาวะที่มีออกซิเจนสูง และเมื่อทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน บีต้า-แคโรทีนจะจับกับออกซิเจนอะตอม (singlet oxygen) หมู่ไฮดรอกซิล อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ และทำปฏิกิริยากับอนุมูลเพอร์ออกซิล (peroxyl radical,ROO$^{\cdot}$) ได้เป็น ROO-β-carotene หากบีต้า-แคโรทีนทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน จะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอน้อยลง ส่วนเรตินอลและเรติเอสเทอร์ก็สามารถจับอนุมูลอิสระได้บ้าง (นิธิยา, 2549)

2.8 กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (banana chips)

กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (banana chips หรือ banana crisps) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (potato chips) โดยใช้กล้วยดิบเป็นวัตถุดิบ นำมาฝานเป็นแผ่นบาง ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาทอดน้ำมันท่วม (Crowther, 1979) ในประเทศไทยนิยมใช้กล้วยน้ำว้าหรือกล้วยหักมุก (Musa (ABB group) "Kluai Hak Muk") และปัจจุบันมีการใช้กล้วยหอมด้วย หลังจากทอดแล้วนิยมฉาบด้วยน้ำตาลเรียกว่า กล้วยฉาบ (เบญจมาศ, 2545) หรือปรุงรสด้วยเกลือ หรือสารปรุงแต่งกลิ่นรสอื่นๆ กรรมวิธีการผลิตกล้วยทอดกรอบในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยนั้น โดยมากจะมีกระบวนการแปรรูปที่คล้ายคลึงกันคือ นำกล้วยมาปลอกเปลือก ล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นบางและทอด แต่อาจมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในรายละเอียดของแต่ละวิธีการแปรรูป โดยสามารถสรุปขั้นตอนหลักๆของการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ดังนี้ (มณฑาทิพย์และคณะ, 2548)

2.8.1 ปลอกเปลือกกล้วย โดยกรีดตามแนวยาวของผลกล้วยโดยรอบ หรือนำกล้วยมานึ่งก่อนเพื่อความสะดวกในการปลอกเปลือกและดึงเปลือกออก จากนั้นแช่ด้วยสารละลายเกลือหรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ หรืออาจแช่ในน้ำส้มสายชูที่เจือจางเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 นำกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายมาล้างให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ฝานกล้วยตามยาวของผล หรือฝานเป็นชิ้นบางตามขวางหนาประมาณ 0.2-0.5 เซนติเมตร ผึ่งกล้วยเพื่อลดความชื้นโดยผึ่งบนตะแกรง หรือนำมาบ่มในถุงพลาสติกเพื่อเป็นการปรับความชื้นให้กล้วยแต่ละชิ้นมีความชื้นใกล้เคียงกัน ในบางกรณีอาจนำมาทอดเลยโดยไม่ต้องผ่านการผึ่งให้แห้งก่อนก็ได้

2.8.3 นำกล้วยที่ได้มาทอดโดยตั้งกระทะใส่น้ำมันรอให้น้ำมันร้อน นำกล้วยลงทอดจนกล้วยมีลักษณะพองเหลืองจึงตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน โดยมีการกำหนดระดับของอุณหภูมิของน้ำมันและเวลาที่ใช้ทอด เช่น 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เป็นต้น

2.8.4 นำกล้วยที่ผ่านการทอดแล้วมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำมัน โดยหลังจากนั้นอาจมีการนำมาอบที่อุณหภูมิประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-30 นาที เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบเพิ่มขึ้น

ในการแปรรูปกล้วยทอดกรอบนั้นได้มีการกำหนดมาตรฐานของชุมชน (มผช.111/2556) ทางด้านคุณลักษณะ ไว้ดังนี้

1) ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงและขนาดใกล้เคียงกัน อาจแตกหักได้บ้าง

2) สีต้องมีสีเป็นไปตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ อาจมีสีคล้ำได้บ้างแต่ต้องไม่ไหม้เกรียม

3) กลิ่นรสต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน

4) ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องกรอบ ไม่แข็งกระด้าง

5) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก

6) ค่าเพอร์ออกไซด์ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม

จากข้อมูลงานวิจัยที่รายงานโดย รามราช (2550) พบว่ากรรมวิธีผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบางจากกล้วยน้ำว้าดิบซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ คือ การนึ่ง การหั่นเป็นชิ้นบาง การเก็บในถุงพลาสติก และการทอด มีผลทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกคิดเป็น 28, 57, 73, 98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากเริ่มต้น ซึ่งส่งผลให้การลดลงของสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เกิดขึ้นในลักษณะที่สอดคล้องกันคือ 33, 65, 96, 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นสารที่มีคุณค่าเชิงสุขภาพในกล้วยน้ำว้าถูกทำลายไปเกือบหมดหลังจากการทอด ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาวิธีการในการแปรรูปที่เหมาะสม ซึ่งยังสามารถคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านคุณภาพทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางโภชนาการ จึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

การทอดในระบบสุญญากาศอาศัยหลักการที่ว่า จุดเดือดของน้ำมันจะลดลงที่ความดันต่ำ ซึ่งจุดเดือดของน้ำมันอาจลงลงจาก 180 องศาเซลเซียส เหลือเพียง 60 – 70 องศาเซลเซียส โดยในกระบวนการจะมีการดึงความดันออกทำให้ในกระบวนการทอดมีความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ อยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 6.65 กิโลปาสคาล ซึ่งการทอดในระบบสุญญากาศนี้มีข้อดีคือ ช่วยลดปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับในผลิตภัณฑ์ รักษาคุณภาพของสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ คงคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอดไว้ได้นาน รวมทั้งสามารถลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคการทอดในระบบสุญญากาศมาใช้ในการทอดผักและผลไม้ชนิดต่างๆ เครื่องทอดในระบบสุญญากาศส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย หม้อทอดสุญญากาศ ปั๊มสุญญากาศ ชุดควบแน่น และระบบควบคุม (วิไล, 2547; Da Silva และ Moreira, 2008; Perez-Tinoco และคณะ; 2008 ;Shyu และ Hwang, 2001) สำหรับแผนผังของเครื่องทอดสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังภาพที่ 2.1 ซึ่งรายละเอียดของส่วนประกอบมีดังนี้

1) แผงควบคุมระบบไฟฟ้า ใช้ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ ตัวทำความร้อน (Hearter) ของหม้อทอดและปั๊มสุญญากาศ

2) หม้อทอด ใช้ในการทอดในระบบสุญญากาศ ภายในประกอบด้วยตัวทำความร้อนเพื่อใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมัน และตะกร้าที่ใช้สำหรับทอด บนฝาหม้อจะมีเกจ (gauge) ใช้สำหรับวัดความดันในการทอด

3) ชุดควบแน่น ประกอบด้วยคอยล์หล่อเย็นและเครื่องทำความเย็น ใช้ในการควบแน่นน้ำที่ระเหยออกจากอาหาร เพื่อไม่ให้น้ำเข้าสู่ปั๊มสุญญากาศ โดยน้ำเย็นจากเครื่องทำความเย็นจะทำหน้าที่ในการหล่อเย็น ซึ่งน้ำเย็นจะไหลวนอยู่ภายในคอยล์หล่อเย็นจากบนลงล่าง และมีวาล์วปิด – เปิดอยู่ด้านล่างเพื่อใช้ระบายน้ำที่ได้จากการควบแน่น

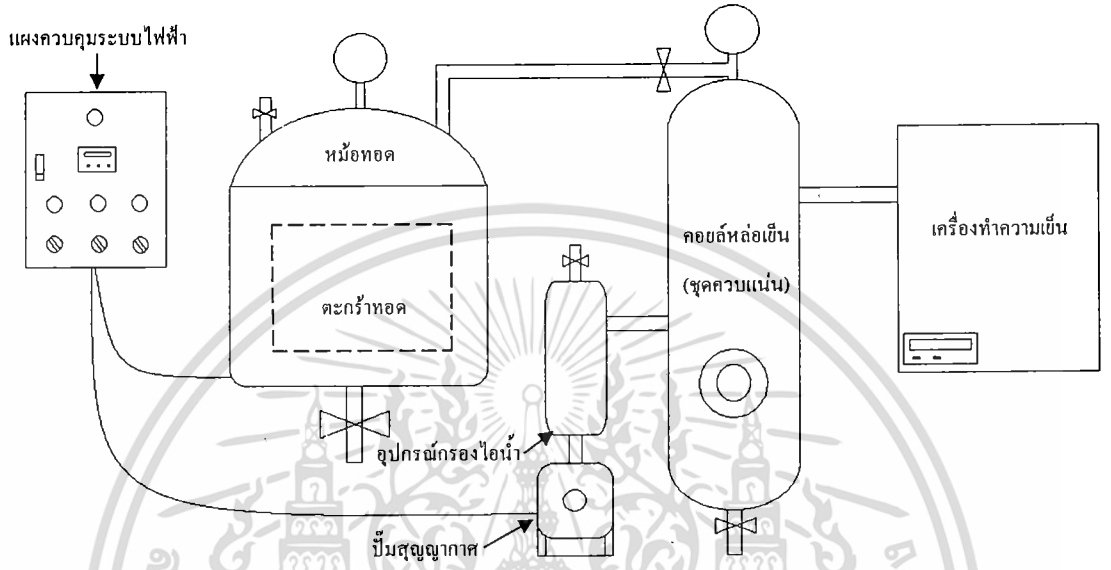
4) อุปกรณ์กรองไอน้ำ ภายในจะบรรจุไปด้วยใยแก้ว เพื่อกรองไม่ให้ไอน้ำสามารถผ่านไปยังปั๊มสุญญากาศได้

5) ปั๊มสุญญากาศ ใช้ในการลดความดันของเครื่องทอด

หลักการทำงานของเครื่องทอดสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง เมื่อเปิดสวิทซ์ที่ควบคุมตัวทำความร้อนของหม้อทอดที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า ไฟฟ้าจะถูกจ่ายให้แก่ตัวทำความร้อนของหม้อทอดเพื่อทำให้อุณหภูมิน้ำมันในหม้อร้อนขึ้นตามอุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นบรรจุอาหารลงยังตะกร้าทอด และจุ่มลงไปยังหม้อทอด ปิดฝาหม้อ เปิดสวิทซ์ปั๊มสุญญากาศที่แผงควบคุมไฟฟ้า เพื่อให้ปั๊มทำงานและจากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันภายในหม้อทอดจะลดลงเรื่อยๆจนถึงระดับที่ต้องการ ในระหว่างการทอดจะมีไอน้ำที่ระเหยออกมาจากชิ้นอาหาร ซึ่งจะถูกควบแน่นที่คอยล์หล่อเย็น เมื่อครบเวลาที่กำหนดในการทอดจึงนำตัวอย่างออกมาสลัดน้ำมันด้วยเครื่องสลัดน้ำมัน (ขั้นตอนในการใช้เครื่องแสดงใน ภาคผนวก ก)



ภาพที่ 2.1 แผนผังเครื่องทอดสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทอดภายใต้สุญญากาศ

งานวิจัยของปิยะทิพย์ (2550) ศึกษาผลของการเตรียมเบื้องต้น ได้แก่ การแช่แข็ง และการลดความชื้นก่อนทอดและความสุกที่ระดับต่างๆกันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมแว่นทอดภายใต้สุญญากาศโดยทอดที่ความดัน 60 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอยู่ในช่วง 6 – 22 นาที ตามความเหมาะสมของแต่ละตัวอย่าง โดยวัดความชื้นที่เหมาะสมหลังจากการทอด ให้อยู่ในช่วง 3-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก พบว่าการลดความชื้นก่อนทอดนั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งมากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างแช่แข็งและตัวอย่างควบคุม (ไม่ผ่านการแช่แข็งหรืออบแห้ง) เนื่องจากการอบแห้งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจึงทำให้เกิดการหดตัวของชิ้นกล้วย ดังนั้นกล้วยหอมที่ระดับความสุก 4 (จากระดับความสุกมาตรฐาน 8 ระดับ) ที่ผ่านการแช่แข็ง จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่สุด เนื่องจากสามารถลดการดูดซับน้ำมัน และให้ลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่กรอบมากกว่าสภาวะอื่นๆ

Garayo และ Moreira (2002) ศึกษาผลอุณหภูมิของน้ำมัน และระดับการลดความดันต่อการหดตัว การดูดซับน้ำมัน และคุณภาพทางเคมีกายภาพบางประการของมันฝรั่งทอดกรอบแผ่นบาง (potato

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chips) ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าอุณหภูมิและระดับการลดความดันมีผลต่อการหดตัว การดูดซับน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมันฝรั่งที่ทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิสูงกว่าและที่ระดับความเป็นสุญญากาศน้อยกว่าจะมีการหดตัวน้อยกว่าตัวอย่างที่ทอดในน้ำมันอุณหภูมิต่ำ และความเป็นสุญญากาศสูง แต่ปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามความแข็งของผลิตภัณฑ์จะมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและระดับความเป็นสุญญากาศลดลง นอกจากนี้มันฝรั่งที่ทอดในสภาวะสุญญากาศ (3.115 กิโลปาสคาล 144 องศาเซลเซียส) จะมีการหดตัวสูงกว่า แต่มีความแข็งน้อยกว่าและสีอ่อนกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติ (165 องศาเซลเซียส)

Mariscal และ Bouchon (2008) ทดลองเปรียบเทียบ การดูดซับน้ำมัน และการเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิ้ลแผ่นบางที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติและภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะมีการดูดซับน้ำมันและการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าการทอดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติ นอกจากนี้ยังได้มีการเปรียบเทียบตัวอย่างการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศที่มีการลดความชื้นของชิ้นแอปเปิ้ลก่อนการทอด ด้วยการใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ความชื้นก่อนทอดที่ 64 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการลดความชื้นของชิ้นแอปเปิ้ลก่อนการทอดสามารถลดการดูดซับน้ำมันลงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการทอดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติ

Perez-Tinoco และคณะ (2008) ศึกษาผลของการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางโภชนาการของสับปะรดแผ่นบาง (pineapple chips) พบว่าความชื้น a_w ค่าสี (L*,C*,H*) และปริมาณวิตามินซี มีค่าลดลง แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น การทอดชิ้นสับปะรดที่อุณหภูมิ 112 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6.9 นาที ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ความดัน 24 ± 2 กิโลปาสคา จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองทอง (L*≥60, C*≥50, H*≥80) a_w ต่ำกว่า 0.29 มีความชื้นประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ความแข็งน้อยกว่า 4 นิวตัน มีปริมาณน้ำมันประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง มีปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 90 และ 150 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักเปียกตามลำดับ และมีสมบัติการต้านออกซิเดชัน ด้วยวิธี ORAC (oxygen radical absorbance capacity) 22 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ ต่อกรัมน้ำหนักเปียก

Da Silva และ Moreira. (2008) ทดลองใช้วิธีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศกับผักและผลไม้ คือ มันเทศ ถั่วแขก มะม่วง และมันฝรั่ง ที่อุณหภูมิ 120 – 130 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทอดแบบปกติที่ 160 – 165 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในถั่วแขก มะม่วง และมันเทศที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติ 18, 19 และ 51 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมดีกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติอย่างเห็นได้ชัด และปริมาณไขมันในมันเทศและถั่วแขกที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติ 24 และ 26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่มันฝรั่งและมะม่วงจะมีปริมาณไขมันสูงกว่า 6 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งกลไกของการดูดซับน้ำมันภายใต้สุญญากาศยังคงไม่ชัดเจน

Troncoso และคณะ (2009) ได้กล่าวถึงกลไกลการดูดซับน้ำมันหลังกระบวนการทอดเสร็จสิ้นแล้ว ได้ดังนี้ คือ การดูดซับน้ำมันของอาหารทอด ส่วนมากเกิดขึ้นในช่วงการเย็นตัวของอาหารภายหลังการทอด เนื่องจากความแตกต่างของความดันบริเวณรูพรุนเล็กๆ ที่ผิวหน้าของอาหารมีอยู่สูง และความแตกต่างของความดันนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการนำอาหารขึ้นจากหม้อทอดภายหลังการทอดทำให้อุณหภูมิของอาหารลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ไอน้ำที่อยู่บริเวณรูพรุนที่ผิวหน้าของอาหารเกิดการควบแน่นลง บริเวณรูพรุนจึงเกิดเป็นภาวะสุญญากาศ (vacuum effect) เมื่อความดันบรรยากาศภายนอกมีค่าสูงกว่าจึงมีผลให้ผลักดันน้ำมันที่ค้างอยู่บริเวณผิวหน้าของอาหารเข้าสู่รูพรุนของอาหารอย่างรวดเร็ว

2.11 การใช้สารไฮโดรคลอลอยด์ในการลดการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด

ไฮโดรคลอลอยด์หรือสารไฮโดรฟิลิกคลอลอยด์หมายถึง สารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์กัม (polysaccharide gums) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูงในโมเลกุลอาจประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมด เป็นโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ หรือประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์หลายชนิด เป็นเฮเตอโรพอลิแซ็กคาไรด์ คำว่า กัม (gums) เป็นภาษาอียิปต์ หมายถึงสารที่มีลักษณะข้นเหนียว (sticky substance) ดังนั้นเมื่อพอลิแซ็กคาไรด์กัมละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำจะให้สารละลายที่มีความข้นหนืดสูงหรือมีลักษณะเป็นเจล ในอุตสาหกรรมอาหารจึงนำเอาพอลิแซ็กคาไรด์กัมไปใช้ประโยชน์เป็นสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) สารเพิ่มความข้นหนืด (thickener) สารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) สารที่ทำให้เกิดเจล สารที่ใช้เคลือบเพื่อลดการดูดซับน้ำมัน และอื่นๆอีกมากมาย (นิธิยา , 2549)

Singthong และ Thongkaew (2009) ศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ อัลจิเนต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และแพคติน ต่อการดูดซับน้ำมันของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง โดยการนำชิ้นกล้วยน้ำว้ามาลวกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 0.75 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำมาแช่สารละลายไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร พบว่าแพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ร่วมกับการลวกชิ้นกล้วยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร และ CMC ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ร่วมกับการลวกชิ้นกล้วยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.25 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร มีการดูดซับน้ำมันน้อยลงในปริมาณที่เท่ากัน แต่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างที่แช่แพคตินสูงกว่าตัวอย่างที่แช่ CMC ดังนั้นในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแพคตินเป็นสารไฮโดรคลอลอยที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุดในผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ข้อมูลภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นว่าการใช้ แพคตินเคลือบกล้วยทอดกรอบแผ่นบางได้ผลดีในการป้องกันความเสียหายโครงสร้างระดับเซลล์ (cellular-structure) ของเนื้อเยื่อกล้วยระหว่างการทอด

Sothornvit (2011) ศึกษาผลของการเคลือบฟิลม์รับประทานได้และขั้นตอนการสลัดน้ำมันต่อคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสุญญากาศ โดยใช้กล้วยหอมทองสุก ฝานบางหนา 0.3 - 0.4 เซนติเมตร จุ่มลงในสารละลายซูโครส 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก จากนั้นจุ่มลงในสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ กัวกัม และแซนแทนกัม ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 10 นาที ในอัตราส่วน 15:1 ของน้ำหนักกล้วยต่อสารละลาย จากนั้นนำกล้วยออกจากสารละลายและพักเป็นเวลา 30 วินาที ก่อนนำไปทอดที่อุณหภูมิ 89 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ที่ความดัน 2.66 กิโลปาสคาร์ โดยใช้กล้วย 10 กิโลกรัม และน้ำมัน 60 ลิตร ต่อการทอด 1 ครั้ง หลังจากทอดจึงทำการสลัดน้ำมันโดยใช้ความเร็วในการสลัดน้ำมันที่ 140 - 280 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากการทดลองพบว่าทั้งกัวกัมและแซนแทนกัมสามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ 25.22 และ 17.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้การสลัดน้ำมันที่ความเร็วสูง สามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ถึง 17.31 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม และการใช้ร่วมกันระหว่างกัวกัมกับการสลัดน้ำมันที่ความเร็วสูงสามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ถึง 33.71 เปอร์เซ็นต์

Garmakhany และคณะ (2008) ศึกษาผลของสารไฮโดรคลอลอยด์ที่มีต่อการดูดซับน้ำมันและคุณลักษณะบางประการในมันฝรั่งทอด โดยนำชิ้นมันฝรั่งจุ่มลงในสารไฮโดรคอลลอยด์ แต่ละชนิดได้แก่ CMC ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ CMC ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัม ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัม ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กัวกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ กัวกัมที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทรากาแคนท์ (tragacanth) ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และทรากาแคนท์ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ที่ความดัน

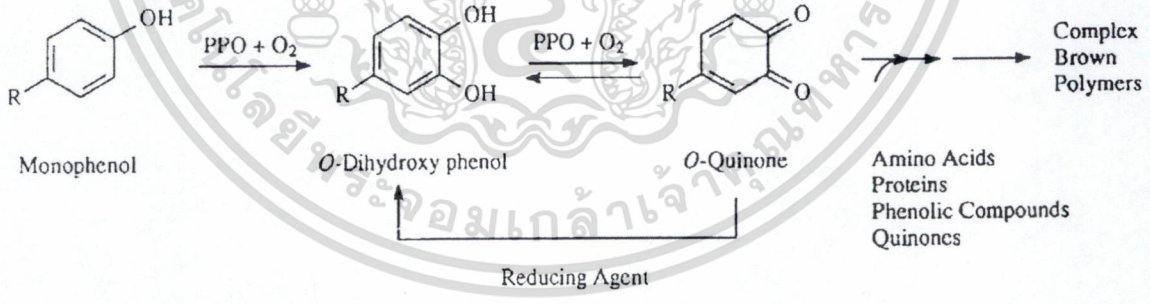
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บรรยากาศปกติ พบว่าสารที่ทำให้มันฝรั่งดูดซับน้ำมันได้น้อยที่สุดคือ CMC 1 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัม 0.5 เปอร์เซ็นต์ กัวกัม 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ แซนแทนกัม 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณน้ำมันทั้งหมดอยู่ที่ 21.2, 21.7, 22.4 และ 24.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (ไม่มีการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์) มีปริมาณน้ำมันทั้งหมดอยู่ที่ 49.4 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารแต่ละชนิดที่ใช้เคลือบมันฝรั่งทอดพบว่า CMC 1 เปอร์เซ็นต์ กัวกัม 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ ทรากาแคนท์ 2 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนด้านสีดีที่สุดเหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ทรากาแคนท์ 2 เปอร์เซ็นต์ CMC 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ CMC 1 เปอร์เซ็นต์ได้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสดีที่สุดเหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.12 การลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืช เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย ทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืช สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศและเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็น ออร์โท-ไดฟีนอล (o-diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อให้เป็น ออร์โท-ควิโนน (o-quinone) ควิโนนที่เกิดที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO นี้ จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งกับสารประกอบฟีนอลอื่นๆหรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

ที่มา : Branen และคณะ, 2002

pH ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์ PPO อยู่ในช่วง 5 -7 ซึ่งเอนไซม์นี้ไม่คงตัวเมื่อได้รับความร้อน และสามารถยับยั้งการเร่งการเกิดปฏิกิริยานี้ได้ด้วยการใช้ กรด แฮไลด์ กรดฟีนอลิก ซัลไฟด์ คีเลติงเอเจนต์ รีดิวซิงเอเจนต์ เช่น กรดแอสคอร์บิก และซีสเตอีน (Larry Branen และคณะ, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
130276

Muanmai และคณะ (2007) ศึกษาผลของการใช้สารต้านการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยทอดสุญญากาศ โดยแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายชนิดต่างๆ ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 3 นาที และทอดด้วยความดัน 70 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 92±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง พบว่าแคลเซียมคลอไรด์และซีสเตอีนให้ผลการยังยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด รองลงมาคือ กรดทาร์ทาริก กรดฟรอมิค กรดออกซาลิก กรดแอสคอบิก และกรดซิตริก ตามลำดับ

Danyen และคณะ (2008) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกรดแอสคอร์บิกและแคลเซียมคลอไรด์ในการลดการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยดิบฝานเป็นชิ้น ในการทดลองใช้กล้วยหอมฝานเป็นชิ้นความหนา 8 มิลลิเมตร จุ่มลงสารละลาย 18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 โดยน้ำหนักชิ้นกล้วยต่อสารละลาย จากการทดลองพบว่าค่าพารามิเตอร์ของค่าความสว่าง และค่าเฉดสีแดง มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกรดแอสคอร์บิกและแคลเซียมคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์สีเหล่านี้เป็นผลมาจากกรดแอสคอร์บิกเป็นส่วนใหญ่ การเกิดสีน้ำตาลและการสูญเสียความแน่นเนื้อ จะมีผลชัดเจนเมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 4 เปอร์เซ็นต์เพียงอย่างเดียวและจะลดลงเมื่อเพิ่มกรดแอสคอร์บิก 2 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง (Musa spp.ABB group) ซื้อจากตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพฯ

3.1.2 น้ำมันปาล์ม ตรามรกต ปริมาตรสุทธิ 1 ลิตร ผลิตและจัดจำหน่ายโดย 36/1 หมู่ที่ 2 ซอยวัดสำโรงใต้ ถนนปู่เจ้าสมิงพราย ตำบลสำโรงกลาง อำเภอพระประแดง สมุทรปราการ 10130 โทร 02-7558122

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 UV/VIS spectrophotometer (Shimadzu, UV – 1700, Japan)

3.2.2 เครื่องชั่งละเอียด (Sartorius, BP 3100S, Germany)

3.2.3 เครื่องวัดของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (hand refractometer N 1)

3.2.4 เครื่องทอดสุญญากาศ (บริษัทบ้านคลังทองจำกัด,ประเทศไทย)

3.2.5 เครื่องสลัดน้ำมัน (ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที) (บริษัทบ้านคลังทองจำกัด, ประเทศไทย)

3.2.6 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)

3.2.7 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (TATCH OV663, Thailand)

3.2.8 เครื่องวัดสี (Minota CR 400, Japan)

3.2.9 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum system BUCHI B-169, Switzerland)

3.3 สารเคมี

3.3.1 เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (Ethanol) (Merck, USA)

3.3.2 1,1 - Diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) (Sigma, USA)

3.3.3 โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) (Sigma, USA)

3.3.4 Folin-Ciocalteu (BHD, England)

3.3.5 กรดแกลลิก (gallic acid) (Sigma, USA)

3.3.6 กรดแอสคอบิก (ascorbic acid) (Sigma, USA)

3.3.7 กรดแอสคอบิก (ascorbic acid food grade) (Thai Food and Chemical Co., Ltd.)

3.3.8 ซีสเตอีน (cysteine) (Lobra, India)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 แคลเซียมคลอไรด์ (calcium choride) (Thai Food and Chemical Co., Ltd.)

3.3.10 แคโรทีนอยด์ (carotenoie) (Sigma, USA)

3.3.11 แพคติน (pectin) (Foods and Cosmetics System Co., Ltd.)

3.3.12 คาร์บอกซิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) (Thai Food and Chemical Co., Ltd.)

3.3.13 กัวกัม (guar gum) (Thai Food and Chemical Co., Ltd.)

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าซื้อจากตลาดหัวตะเข้ กรุงเทพฯ โดยเลือกกล้วยพันธุ์มะลิอ่อง หวีที่มีผลแก่จัด เปลือกเขียว (ความสุกระดับที่ 1) ใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพเริ่มต้นของวัตถุดิบ โดยกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 1.8 องศาบริกซ์ (ดูรายละเอียดใน ภาคผนวก ค)

3.4.2 วิธีการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ขั้นตอนหลักในการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ดัดแปลงมาจากวิธีที่รายงานโดย มณฑาทิพย์และคณะ (2548) และรายงานของ รามราช (2550) โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังภาพที่ 3.1

นึ่งกล้วยน้ำว้า ทั้งผล เป็นเวลา 5 นาที

↓

ปลอกเปลือกและฝานเป็นชิ้นบางตามขวาง หนา 2 มิลลิเมตร

↓

เก็บในถุงพลาสติกโพลีเอธิลีนและรัดปากถุงในแน่นด้วยหนังยาง เพื่อปรับความชื้นให้ใกล้เคียงกัน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

↓

ทอด

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

3.4.3 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะสุญญากาศ

ทดลองเตรียมกล้วยน้ำว้าตามภาพที่ 3.1 นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมไปทอดในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 90, 100 และ 110 เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที ที่ความดัน 60 มิลลิเมตรปรอท ใช้อัตราส่วนกล้วยต่อน้ำมันเท่ากับ 1 ต่อ 2.5 กรัมต่อลิตร นำชิ้นกล้วยที่ผ่านการทอดแล้วมาสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันด้วยเครื่องสลัดน้ำมันเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้นตามวิธีใน AOAC (1995)

2) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี วัดค่า L*, a*, b* (ภาคผนวก ค)

3) ปริมาณน้ำมัน ใช้เทคนิค Soxlet (AOAC,1995)

4) คุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธี 7-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 36 คน ให้คะแนนความชอบ สำหรับปัจจัยต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม (ภาคผนวก ฌ)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำมัน โดยใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล 3×3 ในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้แผนการทดลองบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ (Balanced Incomplete-Block Designs, BIB) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางภายใต้สภาวะสุญญากาศ

3.4.4 การเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดด้วยสภาวะสุญญากาศ และที่ได้จากการทอดที่สภาวะปกติ

ทดลองเตรียมกล้วยน้ำว้าดังภาพที่ 3.1 นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมไปทอดที่สภาวะปกติ โดยทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ในอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำมัน 1 ต่อ 2.5 กรัมต่อลิตร นำชิ้นกล้วยที่ผ่านการทอดแล้วมาสลัดน้ำมันด้วยเครื่องสลัดน้ำมันเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มาเปรียบเทียบกับกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 3.4.3 โดยการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้นตามวิธีใน AOAC (1995)

2) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี วัดค่า L*, a*, b* (ภาคผนวก ค)

3) ปริมาณน้ำมัน ใช้เทคนิค Soxlet (AOAC,1995)

4) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ใช้วิธีของ Singleton และ Lamuela – Raventos (1999) โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐาน (ภาคผนวก ฉ)

5) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใช้วิธีที่รายงานโดย Brand Williams และคณะ (1995) (ภาคผนวก ช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ปริมาณวิตามินซี ใช้เทคนิค UV/VIS spectrophotometry ตามวิธีของ Augustin และคณะ (1985) (ภาคผนวก ซ)

7) ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ใช้เทคนิค UV/VIS spectrophotometry ตามวิธีของ Da Silva และ Moreira. (2008) (ภาคผนวก ฌ)

8) คุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้วิธี 7-point hedonic scaleโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ให้คะแนนความชอบ สำหรับปัจจัยต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ภาคผนวก ญ)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำมัน ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม (Independent Sample t-test)

3.4.5 ผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ทดลองเตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 3.4.3 โดยยกเว้นขั้นไม่ทำตอนการเก็บในถุงโพลีเอธิลีนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และก่อนทอดให้นำชิ้นกล้วยน้ำว้าฝานบาง แช่ลงในสารละลายชนิดต่างๆ คือ กรดแอสคอบิก แคลเซียมคลอไรด์ และซีสเตอีน ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 3 นาที ใช้ปริมาณกล้วยน้ำว้าต่อสารละลายเท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำมาสะเด็ดน้ำ (Muanmai และคณะ, 2007) หลังจากผ่านการทอดนำตัวอย่างมาสลัดน้ำมันด้วยเครื่องสลัดน้ำมันเป็นเวลา 10 นาที นำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบที่ได้มาวิเคราะห์ทางคุณภาพเคมีกายภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้นตามวิธีใน AOAC (1995)

2) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี วัดค่า L*, a*, b* (ภาคผนวก ค)

3) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ใช้วิธีของ Singleton และ Lamuela – Raventos (1999) โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐาน (ภาคผนวก ฉ)

4) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใช้วิธีที่รายงานโดย Brand Williams และคณะ (1995) (ภาคผนวก ช)

5) คุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้วิธี 7-point hedonic scaleโดยการให้คะแนน สำหรับปัจจัยต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม (ภาคผนวก ญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้แผนการทดลองทางสถิติแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.4.6 ผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติช่วยลดการดูดซับน้ำมันต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ทดลองเตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 3.4.3 โดยยกเว้นไม่ทำขั้นตอนการเก็บในถุงโพลีเอธิลีน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยก่อนทอดให้นำชิ้นกล้วยน้ำว้าฝานบาง แช่ลงในสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ คือ แพคติน คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC) และกัวกัม ที่ความเข้มข้น 1 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร การเตรียมสารละลายไฮโดรคลอลอยด์ ให้ค่อยๆใส่สารไฮโดรคลอลอยด์ลงในน้ำกลั่น ที่มีอุณหภูมิ 85 องศาเซียสเซล และตีให้สารกระจายตัวเข้ากันกับน้ำกลั่น ทิ้งให้เย็นจนมีอุณหภูมิเท่ากับ 37 องศาเซลเซียส จุ่มชิ้นกล้วยน้ำว้าฝานบางลงในสารละลายดังกล่าว และคนให้เข้ากัน เป็นเวลา 2 นาที จากนั้น นำมาอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที (Singthong และ Thongkaew, 2009) หลังจากผ่านการทอดนำตัวอย่างมาสลัดน้ำมันด้วยเครื่องสลัดน้ำมันเป็นเวลา 10 นาที นำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้นตามวิธีใน AOAC (1995)

2) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี วัดค่า L*, a*, b* (ภาคผนวก ค)

3) ปริมาณน้ำมัน ใช้เทคนิค Soxlet (AOAC,1995)

4) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ใช้วิธีของ Singleton และ Lamuela – Raventos (1999) โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐาน (ภาคผนวก ฉ)

5) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPHใช้วิธีที่รายงานโดย Brand Williams และคณะ (1995) (ภาคผนวก ช)

6) ปริมาณวิตามินซี ใช้เทคนิค UV/VIS spectrophotometry ตามวิธีของ Augustin และคณะ (1985) (ภาคผนวก ซ)

7) คุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้วิธี 7-point hedonic scaleโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ให้คะแนนความชอบ สำหรับปัจจัยต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม (ภาคผนวก ฌ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำมัน ปริมาณสารประกอบโพลีฟี-นอลทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้แผนการทดลองทางสถิติแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.4.7 ผลของการแช่แข็งชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนการทอด ต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ทดลองเตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดด้วยเครื่องทอดสุญญากาศ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 3.4.3 โดยยกเว้นไม่ทำขั้นตอนการเก็บในถุงโพลีเอธิลีน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยก่อนทอดให้นำชิ้นกล้วยน้ำว้าผ่านบางไปแช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ปิยะทิพย์, 2550) หลังจากผ่านการทอดนำตัวอย่างมาสลัดน้ำมันด้วยเครื่องสลัดน้ำมันเป็นเวลา 10 นาที นำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสุญญากาศที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้นตามวิธีใน AOAC (1995)

2) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี วัดค่า L*, a*, b* (ภาคผนวก ค)

3) ปริมาณน้ำมัน ใช้เทคนิค Soxlet (AOAC,1995) (ภาคผนวก จ)

4) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ใช้วิธีของ Singleton และ Lamuela – Raventos (1999) โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐาน (ภาคผนวก ฉ)

5) เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัด Texture analyzer (TA.TX plus Stable Micro System, UK) (ภาคผนวก ง)

6) คุณภาพทางประสาทสัมผัสจะใช้วิธี 7-point hedonic scaleโดยให้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ให้คะแนนความชอบ สำหรับปัจจัยต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม (ภาคผนวก ญ)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำมัน ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม (Independent Sample t-test)

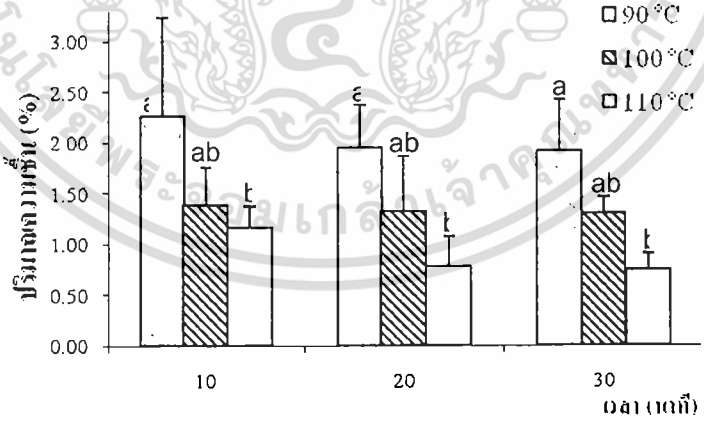
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะสุญญากาศ

จากการทดลองเตรียมกล้วยทอดกรอบแผ่นบางด้วยวิธีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ความดัน 60 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้ มาวิเคราะห์หา ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำมันทั้งหมด และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.1 - 4.3 และตารางที่ 4.1

จากผลการทดลองในภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างอยู่ระหว่าง 0.75 – 2.02 เปอร์เซ็นต์ และผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการทอดและอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอดนั้นไม่มีผลต่อค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) โดยปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาและอุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤0.05) เนื่องจากการทอดแบบน้ำมันท่วม (deep fry) มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำและพาความร้อน ซึ่งความร้อนนี้ทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่ภายในอาหารเกิดการระเหยกลายเป็นไอ ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง (Brennan, 2006)



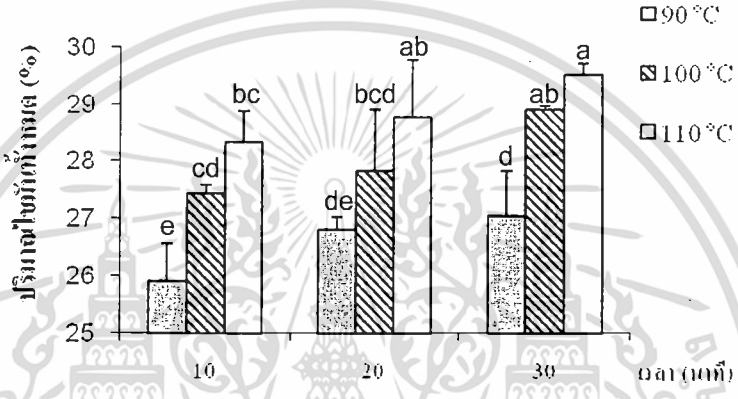
ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศที่เวลาและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

[a-b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤0.05)

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ดังแสดงในภาพที่ 4.2 พบว่าทั้งเวลาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างอุณหภูมิและเวลา โดยปริมาณไขมันทั้งหมดของตัวอย่างที่ทอดด้วย อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิและเวลาที่น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 25.91 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างที่ทอดด้วยอุณหภูมิและเวลาที่มากที่สุดคือ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที มีค่าปริมาณไขมันทั้งหมดเท่ากับ 29.51 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าปริมาณไขมันจะมีค่าแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ความชื้น เนื่องจากขณะทอดน้ำจะระเหยกลายเป็นไอออกจากชิ้นอาหาร จะเหลือโครงสร้างที่เป็นรูพรุนซึ่งน้ำมันสามารถเข้าไปแทนที่ได้ (Boskou และ Elmadfa, 2010) ดังนั้นตัวอย่างที่มีความชื้นต่ำกว่าจึงมีโอกาสทำให้เกิดการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่า



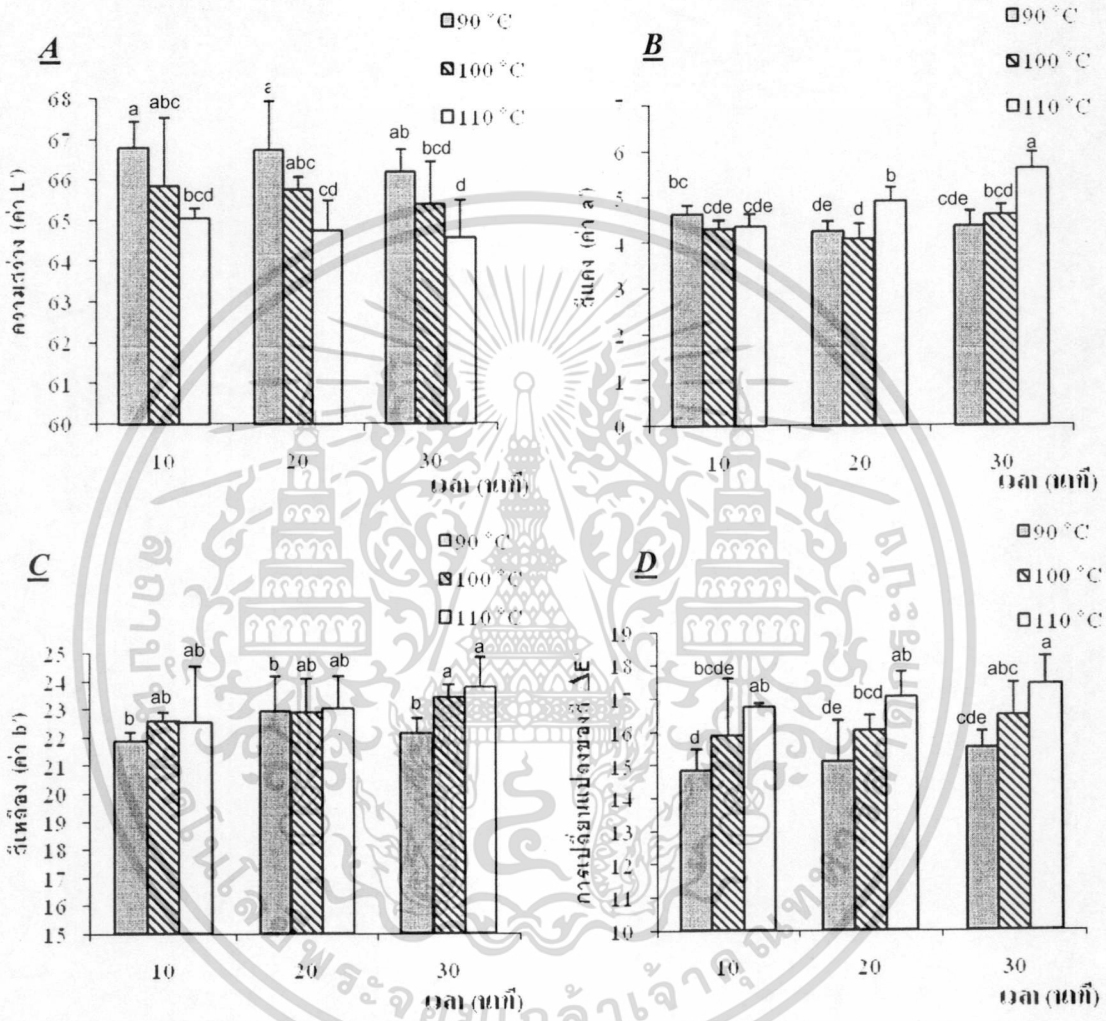
ภาพที่ 4.2 ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศที่เวลาและอุณหภูมิต่างกัน

$^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่า ค่า L* (ค่าความสว่าง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.3 *A* ในขณะที่ ค่า a* (ค่าสีแดง) และ ค่า b* (ค่าสีเหลือง) มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มมากขึ้น และจะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อผลิตภัณฑ์ทอดที่เวลา 30 นาที ดังแสดงในภาพที่ 4.3 *B* และ 4.3 *C* ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า ΔE^* (ภาพที่ 4.3 *D*) ซึ่งเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของสี โดยเทียบกับค่าสีของเนื้อกล้วยสด พบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่เวลาที่ใช้ในการทอดไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ต่อค่า L* และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ΔE^* ในขณะที่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในการทอดมีผลกับค่า L* ที่ลดลงและค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ค่า ΔE^* เฉลี่ยของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดที่อุณหภูมิ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 14.83 15.90 และ 16.79 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับสีของตัวอย่างที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเหลืองสว่าง และมีสีคล้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการทอดที่สูงขึ้น และจะสังเกตได้ชัดที่สุดเมื่อผลิตภัณฑ์ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น สาเหตุเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูง และจะแปรผันตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ทอด (นิธิยา, 2549)



ภาพที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศในเวลาและอุณหภูมิที่ต่างกัน

[a-e] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.1) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 9 ตัวอย่าง ในด้าน สี กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบทางด้าน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่แตกต่างกัน จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดมีผลต่อคะแนนความชอบทางด้าน เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) แต่เวลาในการทอดไม่ทำให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อุณหภูมิที่ใช้ทอดกล้วยน้ำว้า ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด คือที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และ110 องศาเซลเซียส เวลา 10, 20, 30 โดยคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิในการทอดต่างกัน

อุณหภูมิ(°C)/ เวลา(นาที)	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
90/10	4.38±1.20	4.06±0.85	4.25±1.29	3.80±1.29^{d}	4.13±0.87^{c}
90/20	4.69±1.35	4.31±0.79	4.38±1.20	3.94±1.37^{cd}	4.31±1.35^{cd}
90/30	5.13±1.36	4.69±1.08	4.81±1.28	4.13±1.20^{bc}	4.50±1.15^{bcd}
100/10	5.19±0.83	4.63±0.96	4.31±1.39	4.38±1.31^{dc}	4.59±1.34^{d}
100/20	4.88±1.36	4.88±1.20	4.81±1.22	4.50±1.09^{abc}	4.63±0.96^{bcd}
100/30	5.06±1.12	4.63±1.02	4.88±1.09	5.00±1.15^{ab}	5.06±0.98^{abc}
110/10	5.13±0.62	4.50±1.03	5.25±1.28	4.85±1.36^{a}	5.23±1.31^{abc}
110/20	4.88±1.09	4.50±1.37	5.31±1.3	5.19±1.33^{a}	5.56±1.26^{a}
110/30	5.5±1.10	4.69±1.08	5.19±1.38	5.31±1.14^{a}	5.31±1.08^{ab}

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ จาก 9 สภาวะ เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการทอดกล้วยน้ำว้าฝานบางภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที เป็นสภาวะที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) และเมื่อพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดพบว่า ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 20 และ 30 นาที มีปริมาณน้ำมันมากที่สุด และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และ 110 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที มีปริมาณน้ำมันที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ 2 สภาวะแรก (อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 20 และ 30 นาที) และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE^*) ยังแสดงว่าทั้ง 4 ตัวอย่างมีการความเปลี่ยนแปลงของสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) ดังนั้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที จึงเป็นสภาวะที่ดีที่สุด และเพื่อเป็นการลดเวลาในกระบวนการผลิต จึงพิจารณาเลือกสภาวะที่ 110 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที เป็นสภาวะการทอดที่เหมาะสมในการทดลองในครั้งนี้

4.2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดด้วยสภาวะสุญญากาศและที่ได้จากการทอดที่สภาวะปกติ

จากการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศในหัวข้อที่ 4.1 พบว่าการทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงนำกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่เตรียมได้จากสภาวะดังกล่าวมาเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพกับกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยการวิเคราะห์หา ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำมัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณความชื้น ค่าสี ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี และปริมาณน้ำมันทั้งหมดในกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง และค่าความชื้น ค่าสี ของกล้วยน้ำว้าสด จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำมัน ของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศกับตัวอย่างที่ทอดภายใต้สภาวะปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) โดยปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้คือ 1.35 และ 1.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณน้ำมันทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 27.42 และ 26.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณน้ำมันทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีค่าไม่ต่ำกว่าการทอดภายใต้สภาวะปกติ

จากการเปรียบเทียบค่าสีของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางทั้งสองตัวอย่างพบว่า ค่า L*, a*, b* และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย ค่า L* ของผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดในสภาวะปกติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีสีที่สว่างกว่า และค่า a* ที่แสดงถึงโทนสีแดง แต่สำหรับผลิตภัณฑ์นี้จะอยู่ที่เฉดสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่า a* ที่น้อยกว่า ซึ่งบ่งบอกว่ากล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีสีที่คล้ำน้อยกว่ากล้วยทอดกรอบที่สภาวะปกติ จึงส่งผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางภายใต้สภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Da Silva และ Moreira. (2008) ที่ศึกษาการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศกับผักและผลไม้ คือ มันเทศ ถั่วแขก มะม่วง และมันฝรั่ง ที่อุณหภูมิ 120 – 130 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทอดในสภาวะปกติที่อุณหภูมิ 160 – 165 องศาเซลเซียส พบว่า การทอดที่สภาวะสุญญากาศทำให้ของผลิตภัณฑ์มีสีที่เป็นธรรมชาติมากกว่าการทอดที่สภาวะปกติ ซึ่งการทอดที่สภาวะปกติทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่คล้ำ เนื่องจากการใช้ความร้อนสูงในการทอด จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดขึ้น

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้น ปริมาณสี ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี และปริมาณน้ำมันทั้งหมด ในกล้วยทอดกรอบแผ่นบางและค่าความชื้น ค่าสี ในกล้วยน้ำว้าสด

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)	L*	a*	b*	ΔE*	ปริมาณน้ำมันทั้งหมด[ns] (%)
กล้วยน้ำว้าสด	65.46±0.22	81.52±1.25	4.52±0.21	20.17±0.41	-	
กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ	1.35[ns]±0.19	68.98[b]±0.80	3.79[b]±0.35	22.24[b]±0.86	13.00[b]±0.61	27.42±0.99
กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติ	1.53[ns]±0.11	65.65[a]±0.86	7.23[a]±0.53	24.46[a]±0.67	16.66[a]±0.81	26.72±1.08

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ตารางที่ 4.3) จะเห็นได้ว่าตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีปริมาณสูงกว่าตัวอย่างที่ทอดในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าที่สูงกว่าประมาณ 2.7 เท่า แสดงให้เห็นว่าการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศซึ่งใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำกว่า สามารถลดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางได้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการสูญเสียปริมาณสารฟีนอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดในระหว่างการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าขั้นตอนการฝานบางและเก็บชิ้นกล้วยในถุงพลาสติก (PE) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูญเสียมากถึง 67.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสดเริ่มต้น ในขณะที่ขั้นตอนการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและการทอดแบบปกติ มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง 74.02 และ 90.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้าฝานบาง (ก่อนทอด) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศระหว่างตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการใส่ถุงพลาสติก เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการเก็บในถุงพลาสติกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าปริมาณฟีนอลิกมีค่าเท่ากับ 58.76 และ 90.20 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่างกันถึง 1.5 เท่า จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนในการเก็บกล้วยฝานบางในถุงพลาสติก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้มีการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจำนวนมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ รามราชที่ได้มีการศึกษาการสูญเสียของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าในขั้นตอนการหั่นและเก็บตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในถุงพลาสติกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้สูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกถึง 73.08 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้าสด เพราะในขั้นตอนฝานบางจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว รวมไปถึงระยะเวลาที่นานถึง 2 ชั่วโมง ทำให้ตัวอย่างสัมผัสกับออกซิเจน เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งจะส่งผลในการทำลายสารฟีนอลิกได้ และพบว่าเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดสจะมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นเมื่อได้สัมผัสกับออกซิเจน ทำให้เกิดการออกซิเดชัน จึงทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นที่ตัวชิ้นกล้วยน้ำว้าฝานบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของในกล้วยน้ำว้าสด กล้วยน้ำว้าฝานบาง (ก่อนทอด) กล้วยทอดกรอบ-แผ่นบาง และปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่าง/การวิเคราะห์	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง)
กล้วยน้ำว้าสด	703.51 ± 43.56	884.84±39.48	-	-
กล้วยน้ำว้าฝานบางที่เก็บในถุงพลาสติก 2 ชั่วโมง (ก่อนทอด)	226.20 ± 22.23	311.59±22.91	-	-
กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยไม่ผ่านขั้นตอนการเก็บในถุงพลาสติก 2 ชั่วโมง	90.20± 3.50	29.24±1.27	-	-
กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ	58.76^{a} ± 4.02	8.42^{a}±0.44	9.41^{a} ± 0.45	5.57^{a}±0.30
กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติ	21.50^{b}± 2.73	3.11^{b}±0.39	3.4^{b} ± 0.26	3.47^{b}±0.28

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันระหว่างตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่ามากกว่าของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับผลของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยมีค่าเท่ากับ 8.42 และ 3.11 มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าประมาณ 2.7 เท่า แสดงให้เห็นว่าการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศซึ่งใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำกว่าสามารถลดการสูญเสียความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางได้ เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในขั้นตอนการฝานบางและเก็บชิ้นกล้วยในถุงพลาสติก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง 64.78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสดเริ่มต้น ในขณะที่ขั้นตอนการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและการทอดแบบปกติ มีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง 97.30 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้าฝานบาง (ก่อนทอด) และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศระหว่างตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการเก็บในถุงพลาสติก เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการเก็บในถุงพลาสติก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าเท่ากับ 8.42 และ 29.24 มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่างกันถึง 3.5 เท่า จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนในการใส่ถุงพลาสติก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง เช่นเดียวกับการสูญเสียปริมาณฟีนอลิก กล่าวคือเมื่อเกิดการสูญเสียปริมาณฟีนอลิกก็จะทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไปด้วย

เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีของกล้วยทอดกรอบที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและสภาวะปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่ามีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 9.41 และ 3.4 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ซึ่งปริมาณวิตามินซีในกล้วยน้ำว้าสด (ดิบ) มีค่า เท่ากับ 31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (เบญจมาศ, 2545) จะเห็นว่ากล้วยทอดกรอบแผ่นบางภายใต้สภาวะสุญญากาศมีการสูญเสียปริมาณวิตามินซีน้อยกว่า กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยน้ำว้าสด เนื่องจากในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศได้ใช้อุณหภูมิในการทอดที่ต่ำกว่าการทอดในสภาวะปกติ ประกอบกับการทอดในระบบสุญญากาศจะทำให้ชิ้นอาหารในระหว่างการทอดมีการสัมผัสกับออกซิเจนน้อย ดังนั้นจึงมีปริมาณวิตามินซีคงเหลืออยู่มากกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Dueik และ Bouchon (2010) ที่พบว่าการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศทำให้ปริมาณวิตามินซีในมันฝรั่งคงเหลือมากกว่าการทอดในสภาวะปกติ และอุณหภูมิในการทอดมีผลต่อปริมาณวิตามินซี ยิ่งอุณหภูมิสูงยิ่งทำให้สูญเสียปริมาณวิตามินซีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากเปรียบเทียบปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและที่ทอดในสภาวะปกติ (ตารางที่ 4.3) พบว่ากล้วยทอดกรอบภายใต้สภาวะสุญญากาศมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมากกว่ากล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 5.57 และ 3.47 ไมโครกรัม/1กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ซึ่งการสูญเสียแคโรทีนอยด์นั้นขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอาหารแต่ละชนิดและสภาวะในการบวนการแปรรูป แต่ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับสภาวะในการแปรรูปมากกว่าโครงสร้าง กล่าวคือ อุณหภูมิ และออกซิเจน นั้นเอง (Miller และคณะ, 1996)

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เปรียบเทียบกับกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติ โดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธี Hedonic scale 7 ระดับ โดย 1 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมาก และ 7 คะแนน หมายถึงชอบมาก พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้าน สี และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบทางด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านสีไม่ต่างกันเนื่องจาก บางคนชอบสีคล้ำที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่คุ้นเคยดีในท้องถิ่น และบางคนก็ชอบสีเหลืองสว่างของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ จึงทำให้มีคะแนนไม่ต่างกัน คือ 5.57 และ 4.93 ตามลำดับ กล่าวคือ คะแนนมีความชอบอยู่ระดับ ชอบเล็กน้อย ในด้านกลิ่นผู้ทดสอบมีความชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติมากกว่าเนื่องจากมีกลิ่นเฉพาะที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่ชัดเจนกว่า นอกจากนี้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติมากกว่าโดยให้คะแนนความชอบอยู่ที่ระดับ ชอบเล็กน้อย และให้คะแนนความชอบโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติมากกว่าเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เปรียบเทียบกับการทอดที่สภาวะปกติ

ตัวอย่าง	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ	4.93±1.29	4.43^{b}±0.96	5.07±1.17	4.93^{b}±1.20	5.20^{b}±1.13
กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติ	5.57±1.41	5.73^{a}±0.98	5.63±1.03	5.67^{a}±0.96	5.97^{a}±0.81

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าการทอดที่สภาวะสุญญากาศนั้น สามารถลดการสูญเสีย ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH วิตามินซี ปริมาณแคโรทีนอยด์ และมีค่าสีที่ธรรมชาติของกล้วยมากกว่าการทอดที่สภาวะปกติ แต่ในด้านการดูดซับน้ำมันยังมีปริมาณเทียบเท่ากับการทอดที่สภาวะปกติ และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับ ชอบเล็กน้อย นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบภายใต้สภาวะปกติสูงกว่าที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพต่อไป และผลจากขั้นตอนการแปรรูป กล่าวคือขั้นตอนการเก็บชิ้นกล้วยในถุงพลาสติกเป็นเวลา 2 ชั่วโมงนั้น ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงมาก ดังนั้นจึงมีการตัดขั้นตอนนี้ไปเพื่อลดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของกล้วยน้ำว้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของการแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

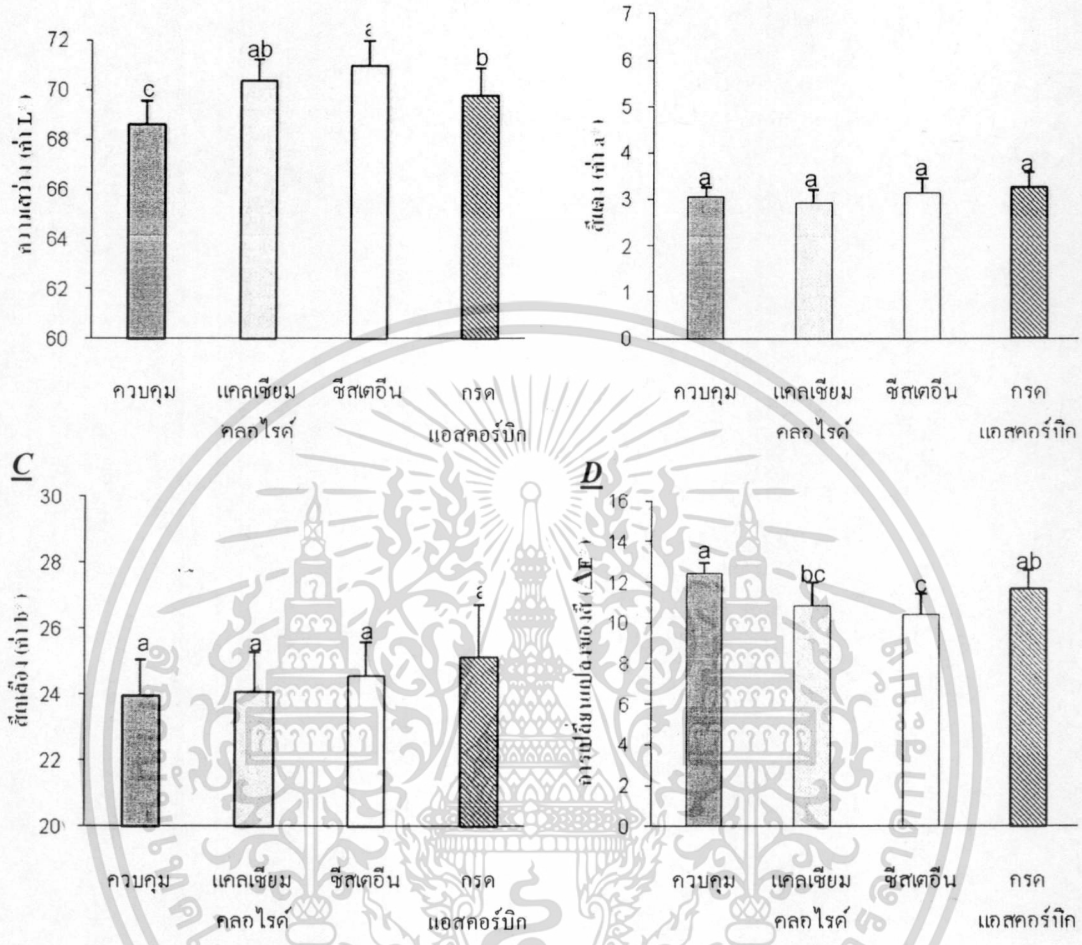
จากการทดลองเตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยก่อนทอดนำชิ้นกล้วยน้ำว้าฝานบาง แช่ลงในสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดสีน้ำตาลแต่ละชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน และกรดแอสคอร์บิก ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 3 นาที และตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายเป็นตัวอย่างควบคุม นำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มาวิเคราะห์หา ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 และ 4.6

จากการวิเคราะห์ค่าสี พบว่าค่า L* (ค่าความสว่าง) และ ΔE^* (ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี) ของทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4.4 *A* และ 4.4 *D* กล่าวคือ ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีนและตัวอย่างที่ผ่านการแช่แคลเซียมคลอไรด์ มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ผ่านการแช่กรดแอสคอร์บิก โดยมีค่าเท่ากับ 70.96, 70.37 และ 69.76 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่มีค่าความสว่างเพียง 68.62 ผลในการทดลองนี้สอดคล้องกันกับ การทดลองของ Apintanapong และคณะ (2007) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่า การแช่สารละลายซีสเตอีนและแคลเซียมคลอไรด์ มีค่าความสว่างมากที่สุด เนื่องจากผลของสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลกล่าวคือ สารซีสเตอีนสามารถทำปฏิกิริยากับควิโนนซึ่งเป็นสารตัวกลางที่เกิดจากการออกซิเดชันของโพลีฟีนอล โดยมีโพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่ง ทำให้ได้สารประกอบออร์โท-ไดฟีนอลที่คงตัวและไม่มีสี และซีสเทอีนยังสามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้อีกด้วย เนื่องจากเกิดการจับกับคอร์เปอร์ ไอออนที่เป็นโคเอนไซม์ (co-emzyme) ของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ กรดแอสคอร์บิกสามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารโพลีฟีนอลจากการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ให้กลับมาอยู่ในรูปสารประกอบฟีนอลตามเดิม ก่อนที่สารควิโนนจะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล และผลของแคลเซียมคลอไรด์ เป็นไปได้ว่าเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะถูกขัดขวางโดย ไอออน คลอไรด์

จากการวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีพบว่า การแช่สารละลายซีสเตอีน สามารถลดการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางสุญญากาศได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม จะเห็นได้ว่าตัวอย่างความคุมมีการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด คือ 12.45 ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าความสว่าง แต่เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่า a* (ค่าสีแดง) และ ค่า b* (ค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลือง) ของแต่ละตัวอย่าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) ดังแสดงในภาพที่ 4.4 *B* และ 4.4 *C* ตามลำดับ กล่าวคือการแช่สารละลาย ทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อค่าสีแดงและสีเหลือง



ภาพที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะ สุญญากาศ โดยผ่านการแช่สาระลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนการทอด

$^{a-c}$หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านการแช่สาระลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนทอดและตัวอย่างควบคุม (ไม่ผ่านการแช่) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณความชื้นของทั้ง 4 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 1.33-1.42 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศ ที่ผ่านการแช่สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนทอด และตัวอย่างควบคุม (ไม่ผ่านการแช่)

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น[ns] (%)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)
ควบคุม	1.33±0.11	84.80^{c}±8.65	28.34^{c}±2.86
แคลเซียมคลอไรด์	1.42±0.10	134.51^{b}±6.31	279.89^{b}±28.92
ซีสเตอีน	1.40±0.14	183.98^{a}±16.25	466.02^{a}±31.36
กรดแอสคอร์บิก	1.36±0.12	156.07^{ab}±7.93	358.17^{ab}±22.01

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างที่ผ่านการแช่สาระลายลายแต่ละชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก และเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีน และตัวอย่างที่ผ่านการแช่กรดแอสคอร์บิก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 183.98 – 156.07 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 84.80 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งน้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีนและแคลเซียมคลอไรด์ ถึง 2.19 และ 1.84 เท่า เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้ง 3 ตัวอย่างสามารถลดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่สาร(ควบคุม) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุดารัตน์ (2551) ที่ศึกษาการรักษาคุณภาพสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูเก็ตโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและสภาพบรรยากาศควบคุม พบว่าตัวอย่างสับปะรดที่ผ่านการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้น 0.2 โมลลาร์ และตัวอย่างสับปะรดที่ผ่านการแช่ละลายซิสเตอีนที่ความเข้มข้น 0.05 โมลลาร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าตัวอย่างควบคุม (ไม่ผ่านการแช่สารละลาย) เนื่องจากสารทั้งสองตัวเป็นสารรีดิวซิง สามารถทำปฏิกิริยากับควิโนนซึ่งเป็นสารตัวกลางที่เกิดจากการออกซิเดชันของโพลีฟีนอล โดยมีโพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่ง ได้เป็นสารประกอบออร์โท-ไดฟีนอล และแคลเซียมคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม เฮไลด์ ที่มีความสามารถในการยังยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (นิธิยา, 2549; มณฑาทิพย์, 2539) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศ โดยผ่านการแช่สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมพบว่าตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 279.89, 466.02, 358.17 และ 28.34 มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีน และตัวอย่างที่ผ่านการแช่กรดแอสคอบิก มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 466.02 – 358.17 มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 28.34 มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งน้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีนและแคลเซียมคลอไรด์ ถึง 16.4 และ 12.6 เท่า ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้ง 3 ตัวอย่างสามารถลดการสูญเสียความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่ผ่านการแช่สาระลายแคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ควบคุม	5.23±1.28	4.50^{a}±1.32	4.70^{a}±1.61	4.78^{a}±1.45	5.05^{a}±1.33
แคลเซียมคลอไรด์	5.27±1.49	4.07^{a}±1.21	4.50^{a}±1.53	4.22^{b}±1.63	4.52^{b}±1.40
ซีสเตอีน	5.53±1.20	3.58^{b}±1.53	3.20^{b}±1.71	4.27^{b}±1.49	3.53^{c}±1.63
กรดแอสคอร์บิก	5.25±1.27	4.27^{a}±1.43	4.20^{a}±1.69	4.52^{ab}±1.28	4.77^{ab}±1.40

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.6) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ตัวอย่าง ในด้าน สี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) โดยให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับ ชอบเล็กน้อย แต่ให้คะแนนความชอบทางด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น และรสชาติของตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีนน้อยที่สุด อยู่ในระดับ ไม่ชอบเล็กน้อย เนื่องจากสารซีสเตอีนมีกลิ่นซัลเฟอร์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นนั้นด้วยเช่นกัน คะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนของตัวอย่างควบคุมมากที่สุด โดยคะแนนมีค่าเท่ากับ 4.78 ซึ่งอยู่ในระดับ เฉยๆ ถึง ชอบเล็กน้อย และผลของการให้คะแนนจากผู้ทดสอบ ในด้านความชอบโดยรวม ตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ผ่านการแช่กรดแอสคอร์บิกจะมีคะแนนความชอบมากที่สุด ถึงแม้การแช่กรดแอสคอร์บิกจะทำให้ตัวอย่างที่ได้มีรสเปรี้ยวเล็กน้อยก็ตาม

จากการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพทั้งหมดของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านการแช่สารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ แคลเซียม-คลอไรด์ ซีสเตอีน และกรดแอสคอร์บิก พบว่าสารทั้ง 3 ชนิด ทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มี ค่าความสว่างของสี ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดีกว่าตัวอย่างควบคุม โดยสารละลายซิสเตอีน และกรดแอสคอร์บิก เป็นสารที่ทำให้สมบัติทางเคมีกายภาพดีที่สุด แต่เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ที่แช่สารละลายซีสเตอีน มีคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นในการทดลองนี้การใช้กรดแอสคอร์บิกในการเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุด

4.4 ผลของการเคลือบชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติช่วยลดการดูดซับน้ำมันต่อคุณภาพโดยรวมของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

จากการทดลองเตรียมกล้วยน้ำว้าทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยก่อนทอดนำชิ้นกล้วยน้ำว้าฝานบาง แช่ลงในสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ คือ แพคติน คาร์บอกซีเมธิล-เซลลูโลส (CMC) และกัวกัม ที่ความเข้มข้น 1 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร และตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายเป็นตัวอย่างควบคุม นำตัวอย่างกล้วยทอดกรอบที่ได้มาวิเคราะห์หา ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณวิตามินซี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 4.7 และ 4.8 และภาพที่ 4.5 – 4.8

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าการเคลือบชิ้นกล้วยน้ำว้าด้วยสารต่างๆก่อนทอด มีผลต่อปริมาณความชื้นของตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่เคลือบด้วย CMC และ กัวกัม มีปริมาณความชื้น คือ 2.03 และ 2.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับซึ่งสูงกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยแพคติน สำหรับตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยแพคติน มีปริมาณความชื้น คือ 1.54 และ 1.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Garmakhany และคณะ (2008) ซึ่งศึกษาการลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดกรอบแผ่นบางโดยใช้สารไฮโดรคลอลอยด์ คือ CMC แซนแทนกัม กัวกัม และ ทรากาแคนท์ (tragacanth) พบว่าการใช้สารไฮโดรคอลอยด์จะทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม และทำให้ปริมาณน้ำมันลดลงด้วย

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าสี (L* a* b*) และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE^*) ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านการเคลือบด้วยสารไฮโดรคลอลอยด์ในขั้นตอนการเตรียมชิ้นกล้วยน้ำว้าขั้นต้น คือ CMC กัวกัม แพคติน ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าทั้ง 4 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านสี โดยค่า L* (ความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 69.03 - 70.52 ค่า a*(ค่าสีแดง) มีค่าอยู่ในช่วง 3.94 - 4.17 ค่า b*(ค่าสีเหลือง) มีค่าอยู่ในช่วง 24.20 - 25.81 และค่า ΔE^*(ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี) มีค่าอยู่ในช่วง 13.52 - 14.23 จะเห็นได้ว่าการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความชื้น ค่าสี และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด

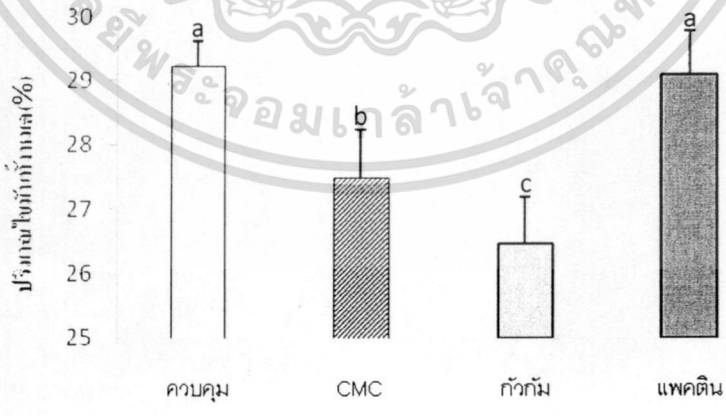
ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}	ΔE^{*ns}
ควบคุม	1.54^{b}±0.11	70.52±0.97	4.00±0.39	25.81±2.88	13.52±1.41
CMC	2.03^{a}±0.19	69.18±1.23	3.94±0.41	24.89±2.18	14.23±1.19
กัวกัม	2.26^{a}±0.18	69.03±1.44	4.17±0.23	24.20±2.18	14.02±1.05
แพคติน	1.70^{b}±0.13	69.45±0.43	4.03±0.32	24.49±1.39	13.76±1.30

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.5 พบว่า ปริมาณไขมันทั้งหมดของ ทั้ง 4 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบด้วย กัวกัม มีปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด คือ 26.46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ CMC มีค่าเท่ากับ 27.50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบด้วยแพคติน และตัวอย่างควบคุม มีปริมาณน้ำมันมากที่สุด คือ 29.09 และ 29.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเคลือบด้วย กัวกัม และ CMC สามารถช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ 9.45 และ 5.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งจากงานของ Singthong และ Thongkaew (2009) ศึกษาผลของการใช้สารไฮโดร์คลอลอยด์ คือ อัลจิเนต CMC และแพคติน ต่อการดูดซับน้ำมันของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าแพคตินที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ร่วมกับการลวกชิ้นกล้วยด้วยแคลเซียม-คลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร และ CMC ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ร่วมกับการลวกชิ้นกล้วยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.25 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร มีการดูดซับน้ำมันน้อยลงในปริมาณที่เท่ากัน แต่ในผลการทอดลองนี้ที่ความเข้มข้นเดียวกันของแพคติน ผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันมากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีการเคลือบด้วยกัวกัม และ CMC อาจเนื่องมาจากการไม่ได้ใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมด้วย หรืออาจจะใช้สารแพคตินคนละชนิดกัน แต่การใช้สารกัวกัม และ CMC ในการเคลือบสามารถช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ เนื่องจากคุณสมบัติการเกิดเจลของกัมแต่ละชนิด ทำให้เกิดฟิล์มที่ผิวหน้าชิ้นอาหารจึงช่วยป้องกันโครงสร้างของชิ้นอาหารในระหว่างการทอด และทำให้การซึมผ่านของน้ำมันผ่านเข้าไปยังชิ้นอาหารน้อยลง (Akdeniz และคณะ 2005)

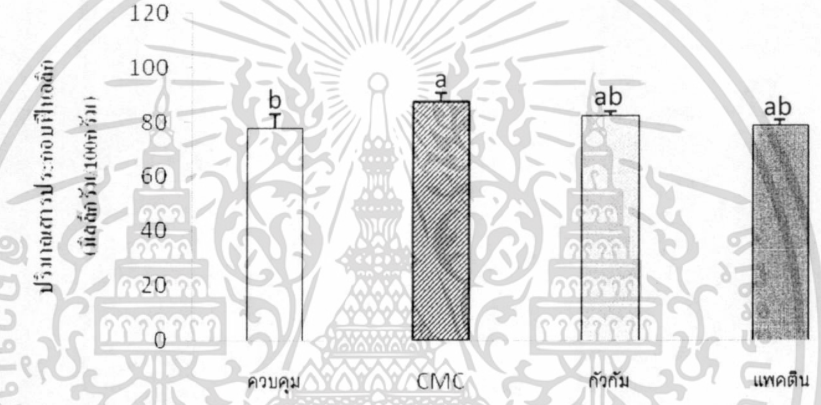


ภาพที่ 4.5 ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

[a-c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

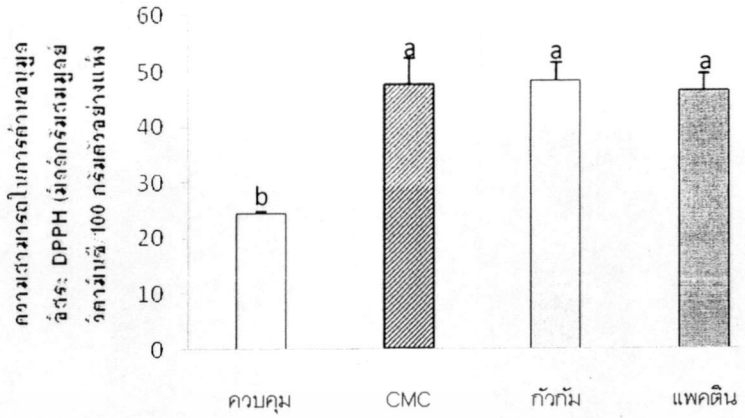
จากภาพที่ 4.6 แสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบCMC กัวกัม แพคติน เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าตัวอย่างทั้ง 4 มีชนิดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยที่สุด เท่ากับ 77.82 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง และตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบ CMC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด เท่ากับ 87.37 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยทางสถิติ พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบ กัวกัม และ แพคติน ไม่ได้มีค่าที่แตกต่างกันกับ ตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบ CMC จึงสรุปได้ว่าการเคลือบกล้วยน้ำว้าฝานบางก่อนทอดด้วย CMC จะส่งผลให้การสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงได้



ภาพที่ 4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม
[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

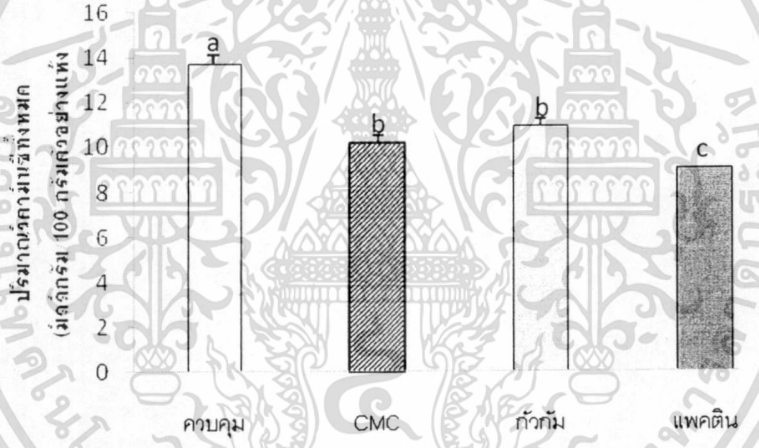
จากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ทั้ง 3 ตัวอย่าง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) ดังแสดงภาพที่ 4.7 โดยตัวอย่างควบคุมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 24.40 มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง ตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบ CMC กัวกัม และแพคติน มีค่าเท่ากับ 47.73, 48.18 และ 46.37 มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ตัวอย่างนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จะเห็นได้ว่าการเคลือบสารไฮโรคลอลอยด์ คือ CMC กัวกัม หรือ แพคติน มีส่วนช่วยลดการสูญเสียความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.8 ปริมาณวิตามินซี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

[a-c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ของตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์และตัวอย่างควบคุม ดังภาพที่ 4.8 พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบ CMC กัวกัมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยแพคตินโดยมีค่าเท่ากับ 13.69, 10.16, 10.91 และ 9.03 มิลลิกรัม/100กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ การสูญเสียวิตามินซีของตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบสารละลายไฮโดรคลอลอยด์นั้น อาจมาจากขั้นตอนในการ แช่ชิ้นกล้วยลงในสารละลายไฮโดรคลอลอยด์ เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นจึงเทเจลที่เป็นส่วนเกินออก แล้วทำการอบที่อุณหภูมิ 135 ต่ออีก 3 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งขั้นตอนการแช่ชิ้นกล้วยลงในเจลนั้น อาจทำให้วิตามินซีละลายออกไปพร้อมกับเจลที่เทออก ซึ่งการล้าง หรือการแช่ผักผลไม้ ที่หั่นแล้ว จะเกิดการสูญเสียวิตามินซีได้อย่างรวดเร็ว และการให้ความร้อนแก่ผักผลไม้ ก็สามารถทำให้สูญเสียวิตามินซีได้เช่นกัน (นิธิยา, 2545) และจากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่เคลือบด้วยแพคตินมีการสูญเสียปริมาณวิตามินซีมากที่สุด อาจเป็นเพราะการเกิดเจลของแพคตินเกิดเจลได้น้อย จึงทำให้วิตามินซีละลายไปกับสารละลายแพคตินได้มากกว่าสารละลายชนิดอื่นที่มีการเกิดเจลได้ดีกว่า

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ควบคุม	5.60±1.00	4.67^{b}±1.12	5.07^{ab}±1.08	4.87^{b}±1.25	5.43^{ab}±0.97
CMC	5.03±1.19	4.70^{b}±0.95	5.00^{b}±1.44	4.87^{b}±1.46	5.20^{ab}±1.50
กัวกัม	5.10±1.37	4.63^{b}±1.22	4.97^{b}±1.07	5.07^{ab}±1.36	5.13^{b}±1.22
แพคติน	5.13±1.20	5.23^{a}±1.22	5.57^{a}±0.90	5.50^{a}±1.14	5.80^{a}±0.93

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด คือ CMC กัวกัม แพคตินและตัวอย่างควบคุม ดังตารางที่ 4.8 พบว่า คะแนนความชอบทางด้านสี ของทั้ง 4 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยคะแนนอยู่ในช่วง 5.03 -5.60 กล่าวคืออยู่ในระดับ ชอบเล็กน้อย และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่าง กัวกัม CMC และตัวอย่างควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งในด้านของ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนอยู่ระดับ เฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย แต่ตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบด้วยแพคติน ได้คะแนนความชอบ ในด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ถึงแม้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่เคลือบด้วย แพคตินจะมีความชอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด แต่แพคตินก็ไม่สามารถช่วยลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์นี้ได้

จากการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพทั้งหมดของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์เพื่อลดการดูดซับปริมาณน้ำมัน คือ CMC กัวกัม แพคติน พบว่า กัวกัม มีความสามารถในการช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุด รองลงมาคือ CMC และจากการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกตัวอย่างที่เคลือบด้วย CMC มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างควบคุมแต่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่เคลือบด้วย กัวกัม ประกอบกับผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ทั้ง กัวกัม และ CMC ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) และจากการประเมินทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างที่เคลือบด้วย กัวกัม และ CMC ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในการใช้สารไฮโดรคลอลอยด์เพื่อช่วยลดการดูดซับน้ำมันในการทอดลองครั้งนี้ กัวกัม เป็นสารที่เหมาะสมที่สุดในการช่วยลดการดูดซับน้ำมัน และช่วยให้คุณภาพทางเคมีกายภาพดีขึ้นอีกด้วย

4.5 ผลของการแช่แข็งชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนการทอด ต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

จากการทดลองเตรียมกล้วยทอดกรอบแผ่นบางด้วยวิธีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยก่อนทอด นำชิ้นกล้วยน้ำว้าฝานบางไปแช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ตัวอย่างแช่แข็ง) นำตัวอย่างที่ได้มาเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพกับกล้วยทอดกรอบแผ่นบางด้วยวิธีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ (ตัวอย่างควบคุม) วิเคราะห์ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำมันทั้งหมด เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9 และ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ปริมาณความชื้น ค่าสี ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณน้ำมันทั้งหมด ความแข็ง และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านขั้นตอนการแช่แข็งก่อนทอดเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น(%)	L^{*ns}	a^{*ns}	b*	ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี^{ns} (ΔE^*)	ปริมาณไขมันทั้งหมด^{ns} (%)	ความแข็งนิวตัน (N)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก^{ns} (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)
ควบคุม	1.32^{a} ±0.06	66.22±1.25	3.67±0.24	22.90^{b}±0.75	15.26±1.13	28.75±0.25	9.92^{a}±0.97	92.07±8.64
แช่แข็ง	1.04^{b} ±0.13	65.52±1.27	3.72±0.24	23.72^{a}±0.95	16.09±1.18	29.42±0.70	6.82^{b}±0.98	86.17±3.89

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นของตัวอย่างควบคุมมีปริมาณความชื้นมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรย และ ธงชัย 2551 ซึ่งศึกษาผลของกรรมวิธีก่อนทอดต่อคุณภาพเห็ดนางฟ้าทอดสุญญากาศ พบว่าตัวอย่างที่มีการแช่แข็งก่อนการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะทำให้มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่แข็ง เนื่องจากตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งก่อนนำไปทอดจะทำให้น้ำในตัวอย่างกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ซึ่งจะทำให้เซลล์เนื้อเยื่อเกิดเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ เมื่อนำไปทอดจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำในสภาวะน้ำแข็งอย่างรวดเร็วภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยความร้อนจะเกิดการถ่ายเทจากน้ำมันไปสู่ผิวของชิ้นอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วจะถ่ายเทความร้อนจากชิ้นอาหารไปสู่น้ำในอาหาร จนน้ำในอาหารมีอุณหภูมิถึงจุดเดือดของน้ำ และน้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแพร่ออกสู่ภายนอกอาหาร

ผลจากการทดลองวัดค่าสี L* a* b* และจากการคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE^*) ดังแสดงที่ตาราง 4.9 พบว่าค่าสี L*(ความสว่าง) a*(โทนสีแดง) และ ΔE^*(ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็ง โดยค่า L* จะอยู่ในช่วง 65.52-66.22 a* อยู่ในช่วง 3.67-3.72 และ ΔE^* อยู่ในช่วง 22.90-23.72 แต่ค่า b* ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงโทนสีเหลือง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งของการทอดนั้นมีค่าเท่ากับ 23.72 ซึ่งมากกว่าตัวอย่างควบคุม ที่มีค่าเท่ากับ 22.90

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันทั้งหมดในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็ง จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันทั้งหมดของทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำมันทั้งหมดจะอยู่ในช่วง 28.75-29.42 ซึ่งให้ผลที่แตกต่างกันกับงานวิจัยของ ปิยะทิพย์ (2550) ซึ่งศึกษาผลของการเตรียมก่อนการทอดและระดับความสุกต่อคุณภาพกล้วยหอมทองแว่นภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งจะมีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็ง โดยอธิบายว่าเนื่องจากการการแพร่ของน้ำบางส่วนออกมาอยู่ระหว่างเซลล์ การทอดอาหารขณะที่อาหารยังอยู่ในสภาพแช่แข็งจะเกิดการเดือดที่รุนแรงในขณะที่ยังรักษาโครงสร้างของอาหารไว้ได้ ซึ่งอาจเป็นผลจากการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งและการระเหยที่เกิดขึ้นในเวลาพร้อมๆ กัน เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงมีรูพรุนขนาดเล็กซึ่งทำให้ปริมาณน้ำมันดูดซับลดลง แต่ในการทดลองของ ปรย และ ธงชัย (2551) ที่ศึกษาผลของกรรมวิธีก่อนทอดต่อคุณภาพเห็ดนางฟ้าทอดสุญญากาศ พบว่า ปริมาณน้ำมันในตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งมีมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งซึ่งอธิบายว่า เนื่องจากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศนั้น น้ำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารจะเกิดการระเหย จากรูพรุนกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำมันสามารถเข้าไปแทนที่น้ำในอาหารได้ ส่งผลให้อาหารมีปริมาณน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งจะมีค่าปริมาณความชื้นน้อยกว่า ทำให้น้ำมันสามารถเข้าไปแทนที่ได้มากกว่า ดังนั้นปริมาณน้ำมันในตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งอาจจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและลักษณะของเครื่องที่ใช้ในการทอด

เมื่อวิเคราะห์ความแข็งด้วยของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบเครื่อง Texture analyzer พบว่าค่าความแข็งของตัวอย่างควบคุมมีค่ามากกว่าตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือขั้นตอนการแช่แข็งสามารถลดค่าความแข็งของตัวอย่างได้ถึง 1.45 เท่า จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการแช่แข็งก่อนนำไปทอดนั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแข็งลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ปิยะทิพย์ (2550) ที่ได้ทำการทอดลองแช่แข็งกล้วยหอมก่อนที่จะนำไปทอดในสภาวะสุญญากาศ พบว่าการแช่แข็งทำให้ค่าของความแข็งลดน้อยลงกว่าการที่ไม่ผ่านขั้นตอนแช่แข็งก่อนการทอดและงานวิจัยของ Shyu และ Hwang (2001) ที่ศึกษาการแช่แข็งแอบเปิ้ล ก่อนที่จะนำไปทอดในสภาวะสุญญากาศ เมื่อนำตัวอย่างไปส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopic) พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งมีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ เนื่องจากการถ่ายโอนความร้อนอย่างรวดเร็วระหว่างเซลล์ของอาหารที่ถูกแช่แข็งและน้ำในผลึกน้ำแข็งสามารถระเหยอย่างรวดเร็วภายใต้สภาวะสุญญากาศ

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างแช่แข็งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิก อยู่ในช่วง 86.17 – 92.07 มิลลิกรัม ต่อ100 กรัมตัวอย่างแห้ง แสดงให้เห็นว่าการแช่แข็งตัวอย่างก่อนการทอดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7 ระดับคะแนนของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยผ่านขั้นตอนการแช่แข็งก่อนทอดเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม^{ns}
ควบคุม	5.40±1.33	4.67±0.99	5.03±1.10	4.43^{b}±1.50	5.07±1.14
แช่แข็ง	5.00±1.11	4.57±1.14	5.27±1.20	5.43^{a}±1.22	5.60±1.03

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศทั้งที่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งก่อนทอดและตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่ผ่านการแช่แข็งก่อนทอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) ในขณะที่คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤0.05) โดยตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแช่แข็งก่อนทอดนั้นมีคะแนน 5.43 อยู่ในระดับความชอบคือ ชอบเล็กน้อย และตัวอย่างควบคุม 4.43 อยู่ในระดับความชอบคือ เฉยๆ กล่าวคือตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งนั้นให้ผลทางด้านเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแข็งด้วยเครื่อง Texture analyzer

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและวิธีเตรียมขั้นต้นต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง และเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและการทอดแบบปกติ โดยทดลองใช้อุณหภูมิในการทอดที่ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทอด 10, 20 และ 30 นาที ที่ความดัน 60 มิลลิเมตรปรอท พบว่าการทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและค่า L* ของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้มีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณไขมันทั้งหมด ค่า a* ค่า b* และค่า ΔE* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้นมีผลต่อเฉพาะค่า a* และปริมาณไขมันทั้งหมดที่สูงขึ้นเท่านั้น ในการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการทอดกล้วยน้ำว้าฝานบางภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที เป็นสภาวะที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุดและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพทางเคมีกายภาพสามารถสรุปได้ว่าที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศที่เหมาะสมดังกล่าวและการทอดแบบปกติ คือ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่าตัวอย่างที่ได้จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณ วิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่า โดยมีค่า ΔE* ต่ำกว่าตัวอย่างที่ได้จากการทอดแบบปกติ อย่างไรก็ตามการทอดในสภาวะสุญญากาศไม่มีผลทำให้ ปริมาณความชื้น และ ปริมาณน้ำมันทั้งหมดแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับการทอดในสภาวะปกติ

จากการทดลองแช่ชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล 3 ชนิด คือ ซีสเตอีน แคลเซียมคลอไรด์ และกรดแอสคอร์บิก พบว่าตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้ เมื่อผ่านการแช่สารละลายดังกล่าวทั้ง 3 ชนิด ก่อนทอด มีปริมาณความชื้น ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) นอกจากนี้พบว่าการแช่สารละลายซีสเตอีน ก่อนทอด มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่าและมีค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE*) ต่ำกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านการแช่แคลเซียมคลอไรด์ สำหรับปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซีสเตอีน หรือกรดแอสคอร์บิก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการแช่สารละลายซีสเตอีนทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นการใช้กรดแอสคอร์บิกในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองนี้

การศึกษาผลของการเคลือบชิ้นกล้วยน้ำว้าในสารละลายที่มีสมบัติช่วยลดการดูดซับน้ำมัน 3 ชนิด คือ CMC กัวกัม และแพคติน ก่อนทอด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย กัวกัม และ CMC สามารถช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ 9.45 และ 5.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่การเคลือบสารละลายแพคตินก่อนทอดนั้นไม่สามารถช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ นอกจานี้ทั้ง 3 ตัวอย่าง มีปริมาณความชื้นที่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 1.70 – 2.26 เปอร์เซ็นต์ การเคลือบชิ้นกล้วยน้ำว้าด้วยสารละลายทั้ง 3 ชนิดนั้น ไม่มีผลต่อค่าสี (p >0.05) แต่มีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบด้วย CMC จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด ในขณะที่ตัวอย่างที่เคลือบด้วย กัวกัมและแพคตินรวมถึงตัวอย่างควบคุมมีปริมาณไม่แตกต่างกัน (p >0.05) อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่ต่างกันระหว่างตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบ CMC และกัวกัม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากัวกัมเป็นสารที่เหมาะสมในการเคลือบชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนทอดเพื่อช่วยลดการดูดซับน้ำมัน

จากผลการทดลองของการแช่เข็งตัวอย่างชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนทอด พบว่ามีผลทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลง 1.45 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้การแช่แข็งยังทำให้ กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้ มีปริมาณความชื้น และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการแช่แข็งชิ้นกล้วยน้ำว้าก่อนทอดไม่ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) ของค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE^*) ปริมาณน้ำมันทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม และผลจากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งก่อนทอด ได้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาผลของการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและการใช้สารไฮโดรคลอลอยด์เพื่อลดการดูดซับน้ำมัน พบว่า กล้วยทอดกรอบแผ่นบางมีคุณลักษณะทางเคมีกายภาพที่ดีขึ้น กว่าตัวอย่างควบคุม ทั้งในด้านสี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับการใช้สารไฮโดรคลอลอยด์ เพื่อให้กล้วยทอดกรอบแผ่นบางมีคุณลักษณะทางเคมีกายภาพที่ดียิ่งขึ้น

2. จากการศึกษาการกล้วยทอดกรอบแผ่นบางภายใต้สุญญากาศเปรียบเทียบการทอดที่สภาวะปกติ พบว่า คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านของกลิ่น ของกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดในสภาวะปกติมีคะแนนสูงกว่ากล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ และรสชาติของทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรศึกษาระดับความสุกของกล้วยที่มีผลต่อกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นและรสชาติดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จรัญ จันทลักขณา. 2549. สถิติ: การวิเคราะห์และการวางแผนวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชุลีกร สินธพรัตนะ. 2549. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียสโตร์. กรุงเทพฯ.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป. 2550. ผลของการเตรียมการก่อนการทอดและระดับความสุกต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองแว่นทอดภายใต้สุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวะกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ปรย เสาวลักษณ์ และ ธงชัย สุวรรณชิณน์. 2551. ผลของกรรมวิธีก่อนการทอดต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าทอดสุญญากาศ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, รัศมี สุภศรี และเนื้อทอง วนานุวัช. 2548. กล้วยอบเนย. วารสารอาหาร. 35(15):104–109.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2539. กรดแอสคอร์บิก และกรดอิริทรอบิก/แอนติออกซิแดนท์. วารสารอาหาร. 26(1):7-13.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยทอดกรอบ. มผช.111/2546.

รามราช หมื่นศรีธาราม. 2550. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบางในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ. วรสารอาหาร. 32(4):245-253.

วัลยา เนาวรัตน์ และพัชรี บุญศิริ. 2542. โปรออกซิแดนท์:อีกโฉมหน้าของแอนติออกซิแดนท์. วารสารวิทยาศาสตร์. 53(3):196-198.

วิไล รังสาดทอง. 2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท เท็กซ์แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.

สุดารัตน์ ตัญเจริญสุขจิต. 2551. การรักษาคุณภาพสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูเก็ตโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและสภาพบรรยากาศควบคุม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

AOAC, 1995. Association of Official Analytical Chemists. Official method of analysis of AOAC international. Washington, D.C.

AOAC, 2006. Association of Official Analytical Chemists. Official method of analysis of AOAC international. Washington, D.C.

AOAC, 2000. Fruit and fruit products. Official methods of analysis of AOAC international. 17th ed. Washington, D.C.

Akdeniz, N., S. Sahin, and G. Sumnu. 2005. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. Journal of Food Engineering. 75:522–526.

Apintanapong, M., K. Cheachumluang, P. Suansawan, and N. Thongprasert. 2007. Effect of antibrowning agents on banana slices and vacuum-fried slices. Food, Agriculture and Environment. 5(3&4):151-157

Augustin, J., et al. 1985. Ascorbic Acid. Methods of Vitamin assay. 4 th ed. A Wiley Interscience publication.,USA. 323 – 28.

Brand-williams, W, M.E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie - Food Science and Technology. 28: 25-30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Branen, A.L., P.M. Davidson, S. Salminen, and J.H. Thorngate. 2002. Food Additives. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.

Brennan, J.G. 2006. Food Processing Handbook. 1st ed. Stauss GmbH, Morenbach., Germany.

Brovo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. Nutrition Review. 56: 317-333.

Burns, J., P.T. Gardner, J. O'Neil, S. Crawford, I. Morecroft, and D.B. McPhail. 2000. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity and phenolic content of red wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48:220-230.

Crowther, P.C. 1979. The Processing of banana products for food use. London : Rep. Trop. Prod. Inst., G122,:18pp.

Da Silva, P.F., and R.G. Moreira. 2008. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie - Food Science and Technology. 41(10):1758-1767.

Boskou D., and I. Elmadfa. 2010. Frying of Food. CRC Press.

Danyen, S.B., N. Boodia, and A. Ruggoo. 2009. Interaction effects between ascorbic acid and calcium chloride in minimizing browning of fresh-cut green banana slices. Journal of Food Processing and Preservation. 33:12–26.

Dueik, V. P. Robert, and P. Bouchon. 2010. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. Food chemistry. 119:1143-1149.

Dueik, V., and P. Bouchon. 2011. Vacuum frying as a route to produce novel snacks with desired quality attributes according to new health trends. Journal of Food Science. 76(2):188-95.

Frankel, E.N., and A.S. Meyer. 2000. Review the problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80:1925-1941.

Garayo, J., and R. Moreira. 2002. Vacuum frying of potato chips. Journal of Food Engineering 55(2):181-191.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Garmakhany, A.D. H.O. Mirzaei, M.K. Nejad, and Y. Maghsudlo. 2008. Study of uptake and some quality attributes of potato chips affect by hydrocolloids. European Journal of Lipid Science and Technology.110:1045-1049.

Mariscal, M., and P. Bouchon. 2008. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. Food Chemistry. 107(4):1561-1569.

Miller, N.J., J. Sampson, L.P. Candeias, P.M. Bramley, and C.A. Rice-Evans. 1996. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. FEBS Letters. 384:240-242.

Perez-Tinoco, M.R., A. Perez, M. Salgado-Cervantes, M. Reynes, and F. Vaillant. 2008. Effect of vacuum frying on main physicochemical and nutritional quality parameters of pineapple chips. Journal of the Science of Food and Agriculture 88(6): 945-953.

Punchard, N.A., and F.J. Kelly. 1996. Oxidants, antioxidants, and free radicals. Washington D.C.: Taylor and Francis.

Shyu, S.L., and L.S. Hwang. 2001. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. Food Research International. 34:133-142.

Singleton, V. L., R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods Enzymol. 299:152-178.

Singthong, J., and C. Thongkaew. 2009. Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie - Food Science and Technology. 42(7):1199-1203.

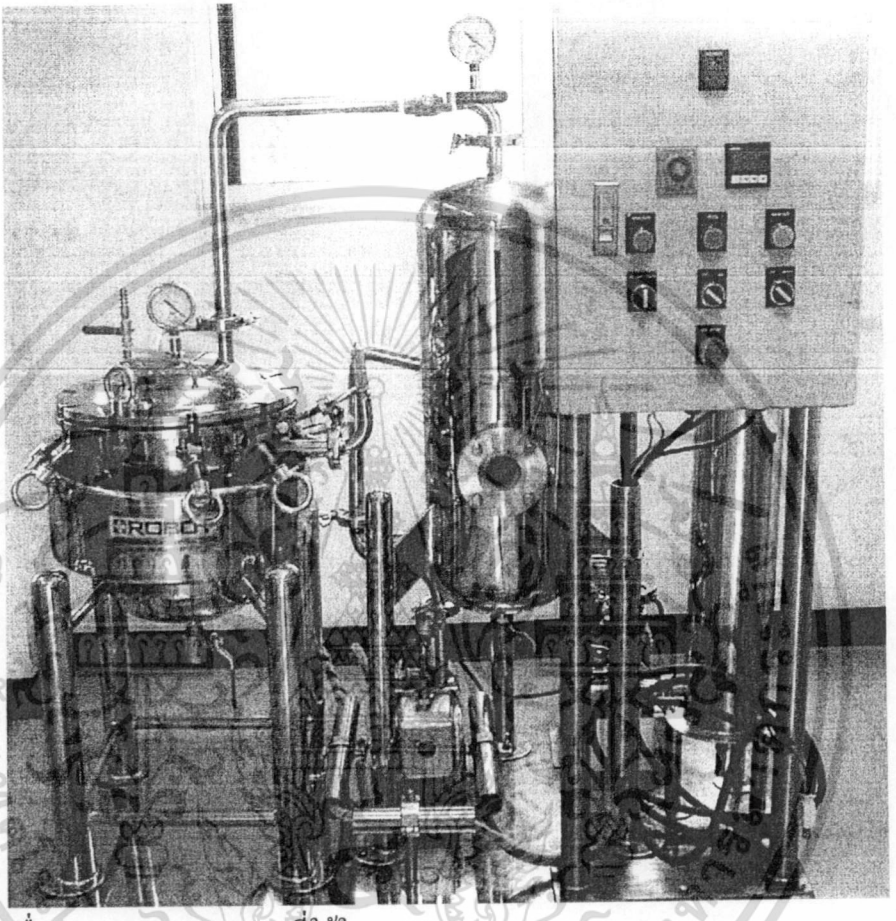
Sothornvit, R. 2011. Edible coating and post-frying centrifuge step effect on quality of vacuum-fried banana chips. Journal of Food Engineering. 107:319-325.

Troncoso, E., F. Pedreschi, and R.N. Zuniga. 2009. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie - Food Science and Technology. 42:187-195.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การใช้เครื่องทอดระบบสุญญากาศ



ภาพที่ ก.1 เครื่องทอดระบบสุญญากาศที่ใช้ในการทดลอง

1) ส่วนประกอบของเครื่องทอดระบบสุญญากาศ

1.1 แผงควบคุมระบบไฟฟ้า

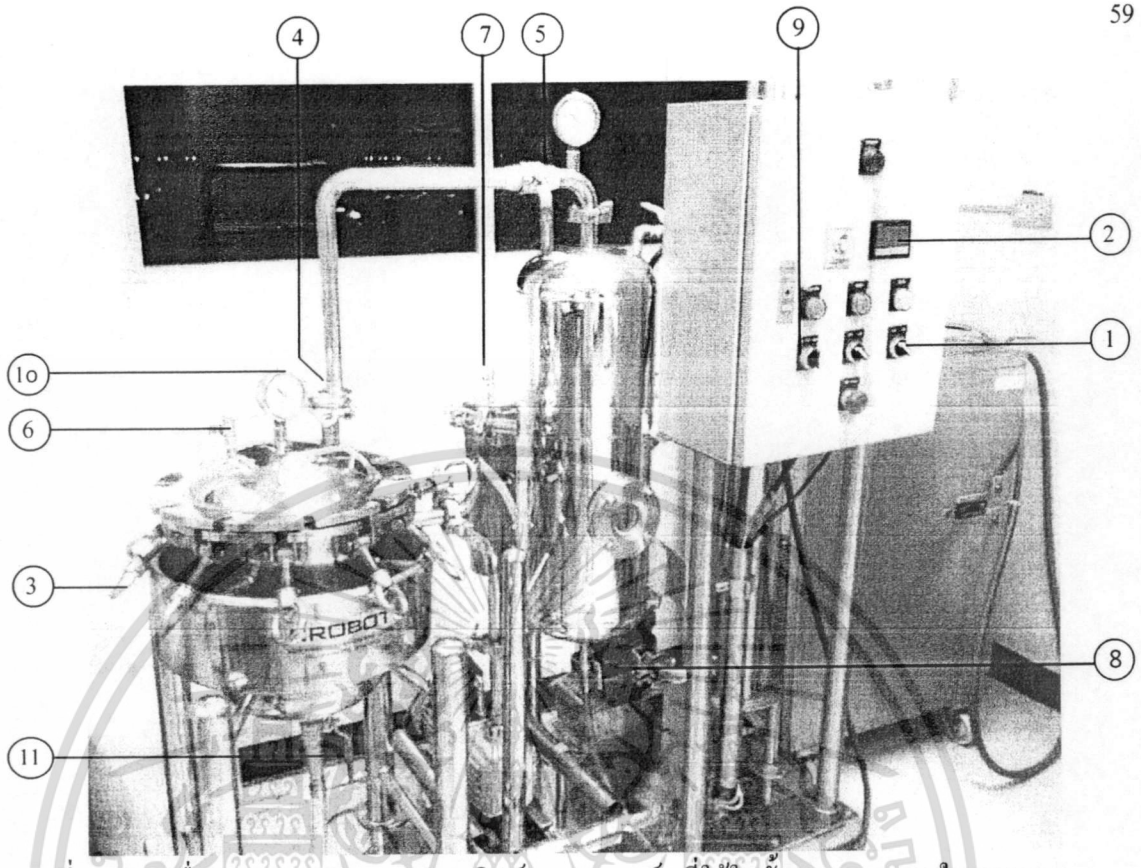
1.2 หม้อทอด

1.3 ชุดควบแน่น ประกอบด้วย คอยล์หล่อเย็น และเครื่องทำความเย็น

1.4 อุปกรณ์กรองไอน้ำ

1.5 ปั๊มสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.2 ชุดเครื่องทอดระบบสุญญากาศ สวิทช์ เกจ และวาล์ว ที่ใช้ในขั้นตอนการทอดในสภาวะสุญญากาศ

2) ขั้นตอนการใช้เครื่องทอดในระบบสุญญากาศ

2.1 เปิดเครื่องทำความเย็น เพื่อให้น้ำไหลผ่านคอยล์หล่อเย็น

2.2 เทน้ำมันลงในหม้อทอด เปิดสวิทช์ตัวทำความร้อน (1) และปรับอุณหภูมิ (2) ที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า

2.3 เมื่อน้ำมันร้อน จนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ จึงนำตะกร้าที่ใส่ตัวอย่างจุ่มลงไปในหม้อทอด

2.4 ปิดฝาหม้อ ด้วยการหมุนหูล็อค (3) รอบๆฝาหม้อ ทั้ง 12 หู

2.5 ปิดข้อต่อระหว่างฝาหม้อทอดและท่อ (4) ให้สนิท

2.6 เปิดวาล์วที่เชื่อมระหว่างหม้อทอดและคอยล์หล่อเย็น (5)

2.7 ปิดวาล์วบนฝาหม้อ (6) ปิดวาล์วที่อยู่บนอุปกรณ์กรองไอน้ำ (7) และปิดวาล์วด้านล่างของคอยล์หล่อ-เย็นเพื่อให้น้ำที่ผ่านการควบแน่นไหลออก (8)

2.7 เปิดสวิทช์ที่ควบคุมปั๊มสุญญากาศ (9) ที่แผงควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 รอจนกว่าความดันจะลดลงตามที่กำหนด โดยสังเกตที่เกจความดัน (10) จากนั้นจึงจับเวลาในการทอด

2.9 เมื่อครบเวลาที่กำหนด ให้ปิดสวิทช์ที่ควบคุมปั๊มสุญญากาศ (9) ที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า

2.10 ปิดวาล์วที่เชื่อมระหว่างหม้อทอดและคอยล์หล่อเย็น (5)

2.11 เปิดวาล์วบนฝาหม้อ (6) เปิดวาล์วที่อยู่บนอุปกรณ์กรองไอน้ำ (7) เปิดวาล์วด้านล่างของคอยล์หล่อ-เย็นเพื่อให้น้ำที่ผ่านการควบแน่นไหลออก (8)

2.12 เปิดฝาหม้อ ด้วยการหมุนหูล๊อค (3) รอบๆฝาหม้อ ทั้ง 12 หู

2.13 ดึงตะกร้าออกจากหม้อทอด

2.14 นำตัวอย่างที่ได้ไปสลัดน้ำมัน ด้วยเครื่องสลัดน้ำมัน

2.15 เปิดวาล์วด้านล่างของหม้อทอด เพื่อถ่ายน้ำมันออก (11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสด และกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (AOAC, 2000) โดยมีหลักการคือ เป็นการหาน้ำหนักตัวอย่างที่หายไป เนื่องจากการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในอาหารเป็นไอน้ำ ที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดหรือที่จุดเดือดของน้ำ

1) อุปกรณ์

1.1 ถ้วยอลูมิเนียม (aluminum can)

1.2 โถดูดความชื้น (desiccator)

1.3 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

1.4 คีม (tong)

1.5 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

1.6 ช้อนตักสาร (spatula)

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 นำถ้วยอลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

2.2 ชั่งตัวอย่างมะม่วงหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตัวอย่างละ 5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในถ้วยอลูมิเนียม

2.3 นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

2.4 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.5 ชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศที่เวลาและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

เวลา/อุณหภูมิ	90 °C	100 °C	110 °C
10 นาที	$2.26^{a} \pm 0.38$	$1.38^{ab} \pm 0.21$	$1.17^{b} \pm 0.10$
20 นาที	$1.95^{a} \pm 0.23$	$1.32^{ab} \pm 0.25$	$0.78^{b} \pm 0.10$
30 นาที	$1.92^{a} \pm 0.21$	$1.30^{ab} \pm 0.16$	$0.75^{b} \pm 0.15$

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันทั้งในแนวตั้งและแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดและการวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000)

1) อุปกรณ์

1.1 Refractometer (Milwaukee รุ่น MA871, Romania) สามารถวัดได้ 0 – 85 เปอร์เซ็นต์บริกซ์

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 ชั่งตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 50 กรัม นำไปปั่นกับน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็วสูงสุดนาน 1 นาที

2.2 นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปวัดด้วย Refractometer

ตารางที่ ค.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ความสุขระดับที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)
1	1.70 ± 0.15

การวิเคราะห์ค่าสีและค่าการเปลี่ยนแปลงของสี

1) อุปกรณ์

1.1 เครื่องวัดสี (Minolta color meter รุ่น CR 400, Japan)

2) วิธีการทดลอง

2.1 นำกล้วยน้ำว้าความสุขระดับที่ 1 มาบดอย่างละเอียดใส่ถุงพลาสติกใส PE และวัดค่าสี L* (ค่าความสว่าง), a* (ค่าสีแดง) และ b* (ค่าสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดสีที่จุดต่างๆ ทั้งหมด 6 จุด และบันทึกผล

2.2 คำนวณการเปลี่ยนแปลงของสี ตามสมการ (1)

$$\Delta E^* = [(L^*_0-L^*)^2+(a^*_0-a^*)^2+(b^*_0-b^*)^2]^{1/2} \qquad (1)$$

L^*_0, a^*_0 และ b^*_0 แทนค่าสีเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการทอด (กล้วยสด)

L^*, a^* และ b^* แทนค่าสีผลิตภัณฑ์หลังผ่านการทอด (กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.2 ค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศในเวลาและอุณหภูมิที่ต่างกัน

อุณหภูมิ(°C)/ เวลา(นาที)	L*	a*	b*	ΔE*
90/10	$66.79^{a}\pm 0.65$	$4.61^{bc}\pm 0.21$	$21.86^{b}\pm 0.32$	$14.83^{d}\pm 0.64$
90/20	$66.71^{a}\pm 1.20$	$4.25^{de}\pm 0.21$	$22.94^{b}\pm 1.26$	$15.11^{de}\pm 1.24$
90/30	$66.16^{ab}\pm 0.55$	$4.36^{cde}\pm 0.33$	$22.14^{b}\pm 0.55$	$15.50^{cde}\pm 0.49$
100/10	$65.81^{abc}\pm 1.72$	$4.30^{cde}\pm 0.19$	$22.59^{ab}\pm 0.32$	$15.90^{bcde}\pm 1.70$
100/20	$65.74^{abc}\pm 0.31$	$4.09^{d}\pm 0.31$	$22.93^{ab}\pm 1.18$	$16.06^{bcd}\pm 0.45$
100/30	$65.36^{bcd}\pm 1.05$	$4.59^{bcd}\pm 0.21$	$23.43^{a}\pm 0.44$	$16.50^{abc}\pm 0.98$
110/10	$65.05^{bcd}\pm 0.22$	$4.36^{cde}\pm 0.26$	$22.56^{ab}\pm 1.97$	$16.74^{ab}\pm 0.14$
100/20	$64.72^{cd}\pm 0.74$	$4.89^{b}\pm 0.31$	$23.02^{ab}\pm 1.16$	$17.06^{ab}\pm 0.76$
100/30	$64.54^{d}\pm 0.92$	$5.61^{a}\pm 0.34$	$23.77^{a}\pm 1.08$	$17.43^{a}\pm 0.82$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค3 ค่าพารามิเตอร์สี ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะ สุญญากาศโดยผ่านการแช่สาระลาย แคลเซียมคลอไรด์ ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก ก่อนการทอด

ตัวอย่าง	L*	a^{*ns}	b^{*ns}	ΔE*
ควบคุม	$68.62^{c}\pm 0.95$	1.05 ± 0.10	23.95 ± 1.82	$12.45^{a}\pm 0.49$
แคลเซียมคลอไรด์	$70.37^{ab}\pm 0.87$	0.92 ± 0.10	24.09 ± 2.42	$10.87^{bc}\pm 1.09$
ซีสเตอีน	$70.96^{a}\pm 1.04$	1.13 ± 0.12	24.58 ± 2.03	$10.40^{c}\pm 1.00$
กรดแอสคอร์บิก	$69.76^{b}\pm 1.12$	1.27 ± 0.14	25.12 ± 1.63	$11.68^{ab}\pm 0.93$

$^{a-c}$หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

การวัดเนื้อสัมผัสของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA.TX plus Stable Micro System, UK) โดยใช้หัดวัด spherical (ball) ขนาด P/0.25S เจาะลงบนผิวของชิ้นกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง โดยอ่านค่า ความแข็ง (Hardness) หน่วยเป็น นิวตัน (N) สภาวะที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสแสดงดังตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 สภาวะที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัส

Test Mode	Compression
Per - test Speed	1.00 mm/sec
Test Speed	2.00 mm/sec
Post – Test Speed	10.00 mm/sec
Target Mode (Distance)	4.00 mm
Trigger Force	0.049 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (AOAC. 2000) การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (ether extract หรือ crude fat) ซึ่งรวมไปถึงฟอสฟอลิปิดและสเตอรอล แล้วยังรวมถึงเม็ดสีที่ละลายได้ในไขมันน้ำมันที่จำเป็น (essential oils) และสารประกอบที่ละลายได้ในอีเทอร์อีกด้วย

1) อุปกรณ์

1.1 ทิมเบิล (thimble)

1.2 ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet)

1.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

1.4 โถดูดความชื้น (Desiccators)

1.5 คีมหนีบ (Tong)

1.6 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.7 ช้อนตักสาร

2) วิธีการทดลอง

2.1 ชั่วตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 5 กรัมในทิมเบิล ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือกระดาษกรองป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง

2.2 บรรจุทิมเบิลในชุดสกัดไขมันโดยทิมเบิลอยู่ในหลอดสกัด (extraction thimble) ซึ่งด้านบนต่อกับคอนเดนเซอร์ (condenser) ส่วนด้านล่างต่อกับขวดก้นกลม (round – bottom flask) ชนิด 2 หรือ 3 คอ

2.3 ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) 150 มิลลิลิตรในขวดก้นกลมต่อสายยางนำน้ำเข้าออกจากคอนเดนเซอร์ก่อนเปิดสวิสซ์ของเตา (heating mantle) ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสม (เช่น 150 หยดต่อนาที) เพื่อให้ไอของปิโตเลียมอีเทอร์ ควบแน่นลงบนตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง นาน 2 -3ชั่วโมง

2.4 นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อระเหยปิโตเลียมอีเทอร์ให้หมด จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักของไขมัน (crude fat)

2.5 เตรียมบีกเกอร์แห้งสะอาด ทราบน้ำหนักมาก่อนสำหรับชั่งน้ำมันที่สกัดได้ ในกรณีที่ปริมาณน้ำมันน้อยให้ชั่งน้ำมันที่สกัดได้ในภาชนะเดิม

2.6 คำนวณปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์) = $\frac{\text{(น.น บีกเกอร์และไขมัน - น.น.บีกเกอร์) x 100}}{\text{น.น. ตัวอย่างแห้ง}}$

ตาราง จ.1 ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เวลาและอุณหภูมิต่างกัน

เวลา/อุณหภูมิ	90 °C	100 °C	110 °C
10 นาที	$25.91^{c}\pm0.65$	$27.43^{cd}\pm0.15$	$28.33^{bc}\pm0.55$
20 นาที	$26.81^{de}\pm0.21$	$27.82^{bcd}\pm1.07$	$28.77^{ab}\pm0.99$
30 นาที	$27.05^{d}\pm0.77$	$28.89^{ab}\pm0.06$	$29.51^{a}\pm0.18$

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันทั้งในแนวตั้งและแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง จ.2 ปริมาณไขมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	ปริมาณไขมันทั้งหมด (%)
ควบคุม	$29.22^{a}\pm0.40$
CMC	$27.50^{b}\pm0.74$
กัวกัม	$26.46^{c}\pm0.73$
แพคติน	$29.09^{a}\pm0.69$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในกล้วยน้ำว้าสด และกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ใช้วิธีที่รายงานโดย Singleton และ Lamuela-Raventos (1999) โดยสารโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ folin-ciocalteu ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินที่มีการดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน

1. สารเคมี

1.1 folin-ciocalteu reagent

1.2 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, $NaCO_3$)

1.3 กรดแกลลิก (Gallic acid)

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ชั่งกรดแกลลิก 0.04 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร)

2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลองหลอดละ 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25,0.30 และ 0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร (ปริมาณกรดแกลลิกในแต่ละหลอดมีค่าเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 ไมโครกรัม ตามลำดับ)

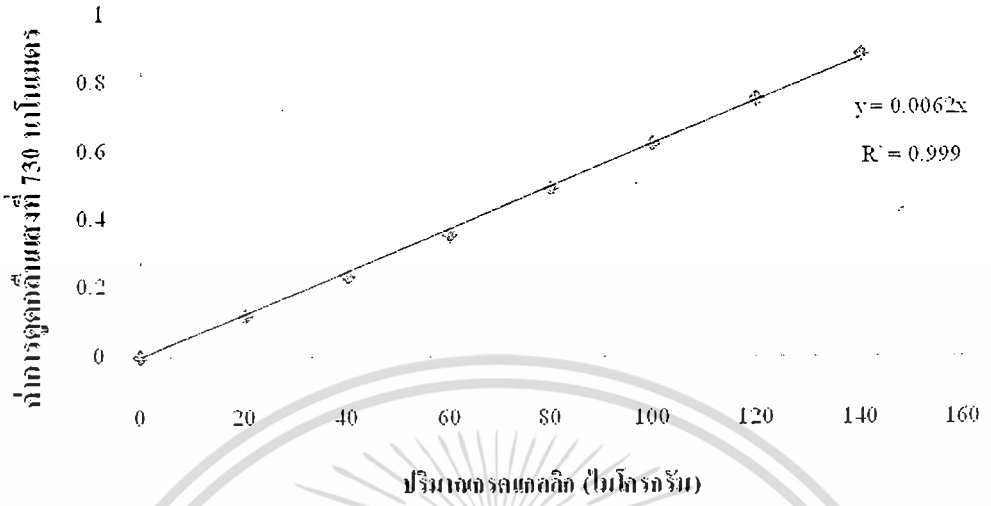
2.3 เติมสารละลาย folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันวางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที

2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันวางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

2.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกรดแกลลิกเป็น blank

2.6 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

3. วิธีการเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

3.1 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสด

ชั่งตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสด 5.00 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง ปั่นผสมกับเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที สกัดโดยวิธี รี-ฟลักซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 โดยใช้ เครื่องกรองสุญญากาศ ปรับปริมาตรสารสกัดที่ได้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (ดัดแปลงจาก John and Mrachel, 1995)

3.2 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในขั้นตอนการผลิตทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางนั้นให้นำมาสกัดไขมันก่อนโดยนำตัวอย่าง 10 กรัมมาบดให้ละเอียด และแช่ในเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 และระเหยเฮกเซนออกจากตัวอย่างโดยตั้ง ทิ้งไว้ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (Wang and Zhou, 2004) แล้วจึงนำตัวอย่างปริมาณ 5.00 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง ปั่นผสมกับเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที สกัดโดยวิธีรีฟลักซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 โดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ ปรับปริมาตรสารสกัดเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1. **การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างสารสกัดจากกล้วย**

3.2. ปีเปตตัวอย่างสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าปริมาตรที่เหมาะสม ใส่ในหลอดทดลอง และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

3.3. เติมสารละลาย folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

3.4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

3.5. สำหรับ blank ให้ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างสารสกัดในข้อ 3.1 ในปริมาตรที่เท่ากัน

3.6. คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างสารสกัด

4. ตัวอย่างการคำนวณ

4.1 การคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างสารสกัดกล้วยน้ำว้า โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้แทนค่าลงในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

สมการจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

$$y = 0.0062x \quad ; \quad R^2 = 0.999$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

x = ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ไมโครกรัม/ 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

ครั้งที่1 ปริมาณสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 0.5 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.433

แทนค่าในสูตรจะได้

$$0.433 = 0.0062x$$

$$x = 69.83 \text{ ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก = 69.83 ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก = 13,967 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 100 มิลลิลิตรเตรียมได้จากการสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 1 กรัม

ดังนั้น

กล้วยน้ำว้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก = 13,967 ไมโครกรัม / 1 กรัมตัวอย่าง

= 13.96 มิลลิกรัม / 1 กรัมตัวอย่าง

ตาราง ฉ1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศ เมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)
ควบคุม	77.82^{b} ±5.00
CMC	87.37^{a} ±3.46
กัวกัม	82.04^{ab} ±1.73
แพคติน	78.51^{ab} ±1.97

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH วิเคราะห์โดยใช้วิธีที่รายงานโดย Murakami และคณะ , (2004) โดยมีหลักการคือ เมื่อสารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งมีสีม่วงแดงทำปฏิกิริยากับสารสกัดที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากสีม่วงแดงเป็นไม่มีสีหรือมีสีจางลง ซึ่งในกรณีที่สารสกัดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าสารสกัดที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้น้อย สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

1) สารเคมี

1.1 2, 2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical (DPPH)

1.2 เอธานอล 95% (Ethanol, C_2H_5OH)

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดและเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ลงในหลอดทดลอง โดยให้ปริมาตรรวมของตัวอย่างสารสกัดและเอธานอล ในหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ (โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัมละลายในเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร) 0.6 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองซึ่งปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดในหลอดทดลองเป็น 6 มิลลิลิตร

2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank และในหลอดควบคุมจะใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ แทนตัวอย่างสารสกัดในข้อ 2.1

2.5 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยแทนค่าในสมการดังนี้

{1 - (ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง / ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)} x 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธีการเตรียมกราฟมาตรฐานวิตามินซี

3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซีความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

3.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร (จะได้ความเข้มข้นของสารละลาย 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ35 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร) ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้เป็น 5.4 มิลลิลิตร

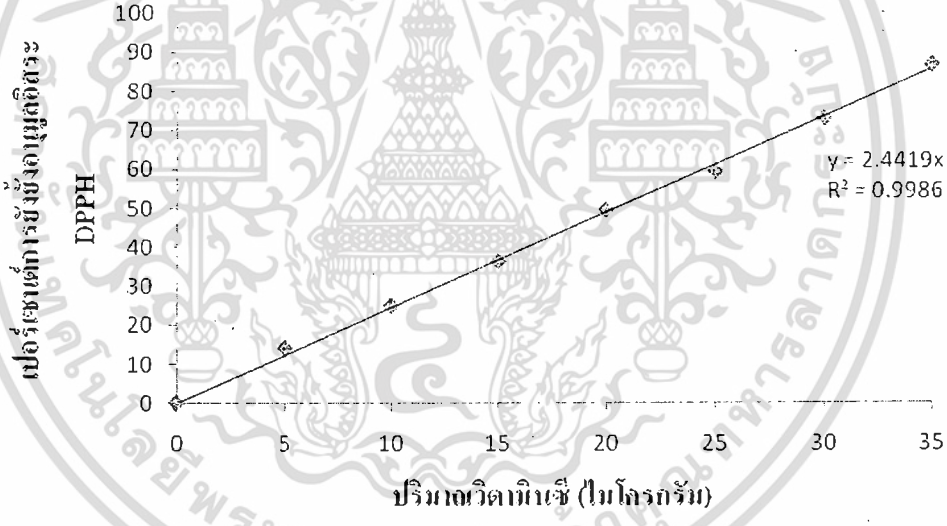
3.3 ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ จำนวน 0.6 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

3.4 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที 72

3.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

3.6 คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ(% inhibition) โดยแทนค่าในสมการดังนี้

{1 - (ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง / ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)} x 100



ภาพที่ ช.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินซีและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

4) วิธีการเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

4.1 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสด

ชั่งตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสด 5.00 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง ปั่นผสมกับเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที สกัดโดยวิธี รี-ฟลักซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 โดยใช้ เครื่องกรองสุญญากาศ ปรับปริมาตรสารสกัดที่ได้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ (ดัดแปลงจาก John and Mrachel, 1995)

4.2 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในขั้นตอนการผลิตทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าก่อนทอดจะใช้วิธีการสกัดเหมือนกับกรณีกล้วยน้ำว้าสดในข้อ 3.1 ทุกประการ สำหรับตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางนั้นให้นำมาสกัดไขมันโดยนำตัวอย่าง 10 กรัมมาบดให้ละเอียดและแช่ในเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 และระเหยเฮกเซนออกจากตัวอย่างโดยตั้ง ทิ้งไว้ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (Wang and Zhou, 2004) แล้วจึงนำตัวอย่างปริมาณ 5.00 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง ปั่นผสมกับเอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที สกัดโดยวิธีรีฟลักซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 โดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ ปรับปริมาตรสารสกัดเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์

5. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างสารสกัดจากกล้วยน้ำว้า

วิธีวิเคราะห์ทำโดยปิเปตสารสกัดที่เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม (0.5 มิลลิลิตร) ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาตรรวมเป็น 5.4 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ในที่มืดนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างกล้วยน้ำว้า โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของวิตามินซี

การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH

คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างสารสกัดโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH} = \left\{ 1- \left\{ \frac{A_{sample}}{A_{control}} \right\} \right\} \times 100$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานวิตามินซี ดังภาพที่ ช.1

สมการจากกราฟมาตรฐานของวิตามินซี

$$y = 2.4419x \quad ; R^2 = 0.993$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

x = ค่าความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (ไมโครกรัม/ 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของวิตามิน-ซีต่อกรัมตัวอย่างแห้ง

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 0.08 มิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรเท่ากับ 0.451 และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 0.788 แทนค่าในสมการจะได้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = {1- (0.451/0.788) } x 100

= 42.77

แทนค่าในสมการจากกราฟมาตรฐานของวิตามินซี

42.77 = 2.4419x

x = 17.52 ไมโครกรัมสมมูลย์ของวิตามินซี/ 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 17.52 ไมโครกรัมสมมูลย์ของวิตามินซี / 0.08 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 21,900 ไมโครกรัมสมมูลย์ของวิตามินซี / 100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 100 มิลลิลิตร มาจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 1 กรัมดังนั้น

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 21,900 ไมโครกรัมสมมูลย์ของวิตามินซี / 1 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH = 21.90 มิลลิกรัมสมมูลย์ของวิตามินซี / 1 กรัมตัวอย่าง

ตารางที่ ช.1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศเมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลย์วิตามินซี/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)
ควบคุม	$24.40^{b} \pm 0.29$
CMC	$47.73^{a} \pm 4.64$
กัวกัม	$48.18^{a} \pm 3.25$
เพคติน	$46.37^{a} \pm 3.41$

[a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ
การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ตามวิธีของ Augustin และคณะ (1985) เป็นการตรวจโดยใช้หลักการออกซิไดซ์ Ascorbic acid ไปเป็น dehydroascorbic acid และเมื่อรวมตัวกับ 2, 4 dinitrophenyl hydrazine จะได้สารสีเหลืองแดงของ osazones ปฏิกิริยานี้ อาจเกิดกับสารอื่นที่มีอยู่ในตัวอย่างได้ จึงต้องทำ blank test ควบคู่กับ total test ทุกครั้ง

1) สารเคมี

1.1 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, H_2SO_4)

1.2 กรดบอริก (boric Acid, H_3BO_3)

1.3 กรดไนตริก (nitric acid, HNO_3)

1.4 กรดเมตาฟอสฟอริก (metaphosphoric acid, HPO_3)

1.5 ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (dipotassium hydrogen phosphate, K_2HPO_4)

1.6 2,6-ไดคลอโรอินโดฟีนอล (2,6 dichlorophenol indophenols, 2,6 DCIP)

1.7 2,4 ไดไนโตรฟีนิวไฮดาซีน (2,4-dinitrophenylhydrazine, 2,4 DNPH)

1.8 โฮโมซีสเตอีน (homocystine)

1.9 กรดเกลเซียลอะซีติค (glacial acetic acid, CH_3COOH)

1.10 ไทโอยูเรีย (thiourea, $NH_2\ CSNH_2$)

1.11 กรดซิตริก (citric acid, $C_6H_{10}O_8$)

1.12 กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid, $C_6H_8O_6$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเตรียมสาร

2.1 สารละลาย 9 N H_2SO_4

- ตวง Conc. H_2SO_4 262 ปริมาตร มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร
- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนครบปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
- เก็บที่อุณหภูมิห้อง ใช้ได้นาน 3 เดือน

2.2 สารละลาย K_2HPO_4 ความเข้มข้น 45 เปอร์เซ็นต์

- ชั่ง K_2HPO_4 90 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนครบปริมาตร 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
- เก็บที่อุณหภูมิห้อง ใช้ภายใน 1 สัปดาห์

2.3 สารละลาย Homocystine และ K_2HPO_4

- ชั่ง Homocystine 105 มิลลิกรัม ทำละลายด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
- ตวงสารละลาย K_2HPO_4 ความเข้มข้น 45 เปอร์เซ็นต์ 42.5 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย Homocystine ที่เตรียมไว้ ผสมให้เข้ากัน
- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2 ก่อนนำไปใช้

2.4 สารละลาย H_3BO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

- ชั่ง H_3BO_3 25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นใน ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน
- เก็บที่อุณหภูมิห้อง ใช้ภายใน 1 สัปดาห์

2.5 สารละลาย H_3BO_3 ความเข้มข้น 3.33 เปอร์เซ็นต์

- ตวงสารละลาย 5% H_3BO_3 ปริมาตร 66.6 มิลลิลิตร ใส่ใน ขวดปรับปริมาตร ขนาด 500 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
- กรองก่อนใช้ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2

2.6 สารละลาย DCIP ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์

- ชั่ง 2,6 DCIP 200 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรในขวดปรับ ขนาด 200 มิลลิลิตร
- เก็บไว้ในตู้เย็น ใช้ภายใน 2 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สารละลาย 2, 6 DCIP และ H_3BO_3

- ตวง สารละลาย DCIP 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 13.3 มิลลิลิตร ใส่ใน ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

- ตวง H_3BO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 66.6 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย DCIP ที่เตรียมไว้ ปรับปริมาตร น้ำกลั่นจนครบปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2 ก่อนนำไปใช้

2.8 สารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับ สารละลาย Glacial acetic acid ความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์

- ชั่ง HPO_3 15 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ใส่ใน ขวดปรับปริมาตร ขนาด 500 มิลลิลิตร

- ตวง Conc. Glacial acetic acid ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลาย HPO_3 ที่เตรียมไว้ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนครบปริมาตร 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

- เก็บที่อุณหภูมิห้อง ใช้ภายใน 1 สัปดาห์

2.9 สารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 17 เปอร์เซ็นต์

- ชั่ง HPO_3 125 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

- เก็บไว้ในตู้เย็น ใช้ภายใน 1 สัปดาห์

2.10 สารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์

- ตวง สารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 17 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร ขนาด 2000 ml

- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2 ก่อนนำไปใช้

2.11 สารละลาย DNPH ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์

- ชั่ง 2,4 DNPH 3.75 กรัม ทำละลายด้วยสารละลาย H_2SO_4 ความเข้มข้น 9 N ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นใน ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

- เก็บไว้ในตู้เย็น ใช้ภายใน 2 สัปดาห์

2.12 สารละลาย DNPH ความเข้มข้น 1.2 เปอร์เซ็นต์ และ สารละลาย Thiourea ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชั่ง Thiourea 6 กรัม ละลายด้วยสารละลาย H_2SO_4 ความเข้มข้น 9 N ปริมาตร15 มิลลิลิตร

- ตวงสารละลาย DNPH ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 160 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายที่เตรียมไว้ข้างต้น ปรับปริมาตรด้วย สารละลาย H_2SO_4 ความเข้มข้น 9 N จนครบปริมาตร 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2 ก่อนนำไปใช้

2.13 สารละลาย HNO_3 ผสมกับ citric acid

- ชั่ง citric acid 50 กรัม ละลายใน Conc. methanol absolute 100 มิลลิลิตร

- ตวงสารละลาย Conc. HNO_3 150 มิลลิลิตรเทลงในสารละลายที่เตรียมไว้ก่อนหน้านี้ และผสมให้เข้ากัน

- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2 ก่อนนำไปใช้

3) วิธีวิเคราะห์

3.1 การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 1 – 2 กรัม ละลายและปรับปริมาตรตัวอย่างด้วยสารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร และกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.2

3.2 Blank test (B)

ใส่สารละลาย Std. ascorbic acid ที่เตรียมไว้ หรือ สารละลายตัวอย่าง ลงในหลอดทดลอง อย่างละ 1 มิลลิลิตร ตามด้วย สารละลาย Homocystine ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1.30 ชั่วโมง และใส่ สารละลาย H_3BO_3 ความเข้มข้น 3.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร สารละลาย DNPH ความเข้มข้น 1.2 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร และ สารผสมระหว่างสารละลาย HNO_3 และ citric acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตรที่เตรียมไว้เบื้องต้น จากนั้น นำไปวัดค่านำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3.3 Total test (T)

ใส่สารละลาย Std. ascorbic acid ที่เตรียมไว้ หรือ สารละลายตัวอย่างลงในหลอดทดลอง อย่างละ 1 มิลลิลิตร ตามด้วย สารผสมระหว่างสารละลาย 2,6 DCIP และ H_3BO_3 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร พักทิ้งไว้เป็นเวลา 2 นาที จึงเติมสารละลาย Homocystine ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร1 ml และสารละลาย DNPH ความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตามด้วยสารผสมระหว่างสารละลาย HNO_3 และ citric acid ที่เตรียมไว้เบื้องต้น จากนั้น นำไปวัดค่านำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

4) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

4.1 สารละลาย Stock ascorbic acid Std ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

- ชั่ง ascorbic acid 100 มิลลิกรัม ละลายด้วย สารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรด้วย สารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

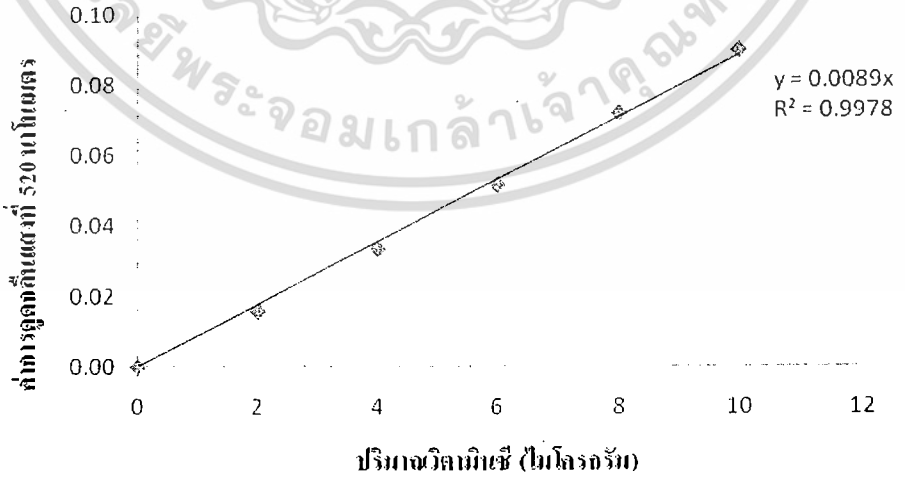
4.2 สารละลาย Intermediate. Std. ascorbic acid ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

- ปิเปตสารละลาย Stock ascorbic acid Std 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยสารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์

4.3 สารละลาย Working std. ascorbic acid

- ปิเปต สารละลาย Intermediate. Std. ascorbic acid 2,4,6,8 และ 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย HPO_3 ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์

- นำไปวิเคราะห์ตามขั้นตอนการวิเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ซ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินซีและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

5) การคำนวณสูตร

$$\text{จากสูตร ปริมาณวิตามินซี} = \frac{T - B}{a} \times \frac{10}{\text{น้ำหนักตั้งต้น (g)}} \text{ มิลลิกรัม / 100 กรัม}$$

เมื่อ T = Total test

B = Blank test

a = ค่าคงที่ที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

แทนค่า

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{0.016 - 0.003}{0.0089} \times \frac{10}{1.52} \text{ มิลลิกรัม / 100 กรัม}$$

$$= 9.60 \text{ มิลลิกรัม / 100 กรัม}$$

ตาราง ซ.1 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สุญญากาศ เมื่อผ่านการเคลือบสารไฮโดรคลอลอยด์ชนิดต่างๆ ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่าง	ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (มิลลิกรัม/100กรัม ตัวอย่างแห้ง)
ควบคุม	$13.69^{a} \pm 0.41$
CMC	$10.16^{b} \pm 0.38$
กัวกัม	$10.91^{b} \pm 0.30$
แพคติน	$9.03^{c} \pm 0.00$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ
การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในกล้วยน้ำว้าสด และกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ใช้วิธีที่รายงานโดย Da Silva และ Moreira. (2008) โดยใช้สารปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นตัวทำละลาย และสารที่ได้มีการดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

1) สารเคมี

1.1 เบต้า – แคโรทีน (β - carotene)

1.2 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

1.3 แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต (anhydrous sodium sulphate, Na_2SO_4)

1.4 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide, KOH)

1.5 เมทานอล หรือ เมทิลแอลกอฮอล์ (methanol, CH_3OH)

2) การเตรียมกราฟมาตรฐานเบต้า – แคโรทีน

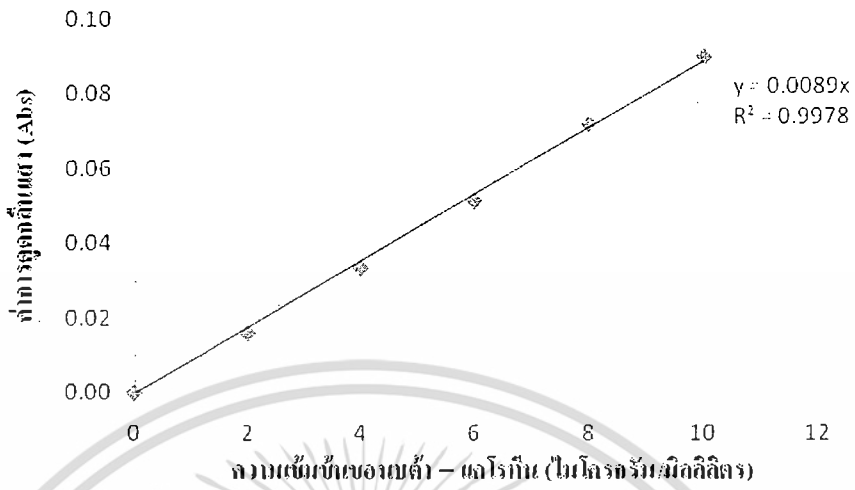
2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานเบต้า – แคโรทีน ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่ง 0.01 กรัม ละลายด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2 เตรียมสารละลาย เบต้า – แคโรทีน ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากสารละลายเบต้า – แคโรทีนในข้อ 3.1

2.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานเบต้า – แคโรทีน ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็น blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฌ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ เบต้า – แคโรทีน และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

3) วิธีวิเคราะห์

3.1 บดตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง 20 กรัม

3.2 นำตัวอย่างที่บดแล้ว แช่ลงใน ปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

3.3 กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 และปรับปริมาตรด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.4 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (ทำละลายด้วยเมทานอล) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

3.5 ทิ้งไว้ข้ามคืน ที่อุณหภูมิห้อง

3.6 เทสารผสมลงในกรวยแยก จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง เพื่อเป็นการแยกส่วนที่เป็นด่างออก

3.7 กรองสารละลายที่ได้ผ่าน แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต

3.8 นำสารละลายนั้น ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การคำนวณ

การคำนวณความเข้มข้นของสารแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

คำนวณหาความเข้มข้นของสารแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้แทนค่าลงในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานเบต้า – แคโรทีน

สมการจากกราฟมาตรฐานของเบต้า – แคโรทีน

$$y = 0.1309x \quad ; \quad R^2 = 0.997$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

x = ปริมาณสารแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (ไมโครกรัม/1 มิลลิลิตร ในสารสกัดตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร)

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ครั้งที่1 ปริมาณสารสกัดตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง 50 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เท่ากับ 0.169

แทนค่าในสูตรจะได้

$$0.169 = 0.1309x$$

$$x = 1.291 \text{ ไมโครกรัม / 1 มิลลิลิตร}$$

สารสกัดที่นำมาวัดมีปริมาณ 5 มิลลิลิตร และมาจากสารปริมาณทั้งหมด 50 มิลลิลิตร

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด = 6.445 ไมโครกรัม / 5 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด = 64.55 ไมโครกรัม / 50 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง 50 มิลลิลิตรเตรียมได้จากการสกัดตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง 20 กรัม

ดังนั้น

กล้วยทอดกรอบแผ่นบางมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด = 64.55 ไมโครกรัม / 20 กรัมตัวอย่าง

= 3.22 ไมโครกรัม / 1 กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ญ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

1) การใช้แผนการทดลองแบบ Balanced Incomplete-Block Designs. (BIB) (จรัญ, 2549)

แผนการทดลองนี้จัดเป็นแผนการทดลองที่มีบล๊อกขนาดน้อยกว่าจำนวนทรีทเมนต์ และทรีทเมนต์หนึ่งปรากฏกันทุกๆทรีทเมนต์อื่นในบล๊อกเดียวกันจำนวนซ้ำเท่ากัน

แผนการทดลองแบบ BIB ประเภทที่ 2 (สามารถจัดกลุ่มของบล๊อกรวมกันเป็นกลุ่มของซ้ำได้)

$t = 9, k = 4, r = 8, b = 18, \lambda = 3$

เมื่อ t = จำนวนทรีทเมนต์ (จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง)

k = จำนวนหน่วยต่อบล็อก (จำนวนตัวอย่างที่ผู้ทดสอบได้ชิมได้รับ)

r = จำนวนซ้ำ

b = จำนวนบล็อก (จำนวนจำนวนผู้ทดสอบ)

λ = จำนวนครั้งที่แต่ละคู่ทรีทเมนต์ปรากฏในบล็อกเดียวกัน (จำนวนคู่ตัวอย่างที่ซ้ำกันในการทดลอง)

แผนมาตรฐานการจัดสิ่งทดลองตามแผน BIB ประเภทที่ 2

(1) 1 4 6 7
(2) 2 6 8 9
(3) 1 3 8 9
(4) 1 2 3 4
(5) 1 5 7 8
(6) 4 5 6 9
(7) 2 3 6 7
(8) 2 4 5 8
(9) 3 5 7 9
(10) 1 2 5 7
(11) 2 3 5 6
(12) 3 4 7 9
(13) 1 2 4 9
(14) 1 5 6 9
(15) 1 3 6 8
(16) 4 6 7 8
(17) 3 4 5 8
(18) 2 7 8 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) **แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส**

ผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบางสุญญากาศ

ชื่อผู้ชิม.....วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางสุญญากาศที่ละตัวอย่าง และให้คะแนนตามความชอบในแต่ละคุณลักษณะที่ทดสอบ โดยกำหนดระดับความชอบดังนี้

1 = ไม่ชอบมาก

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบน้อย

4 = เฉยๆ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะที่ทดสอบ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

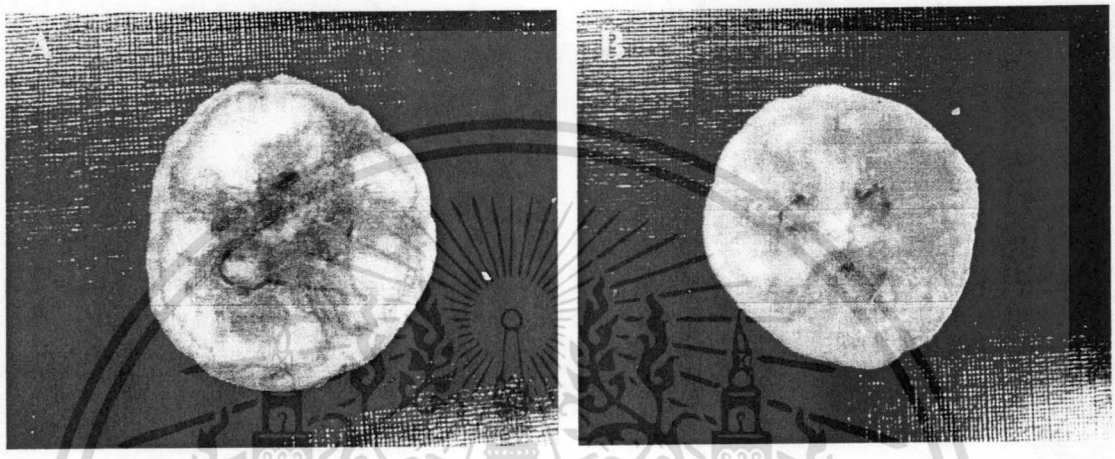
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

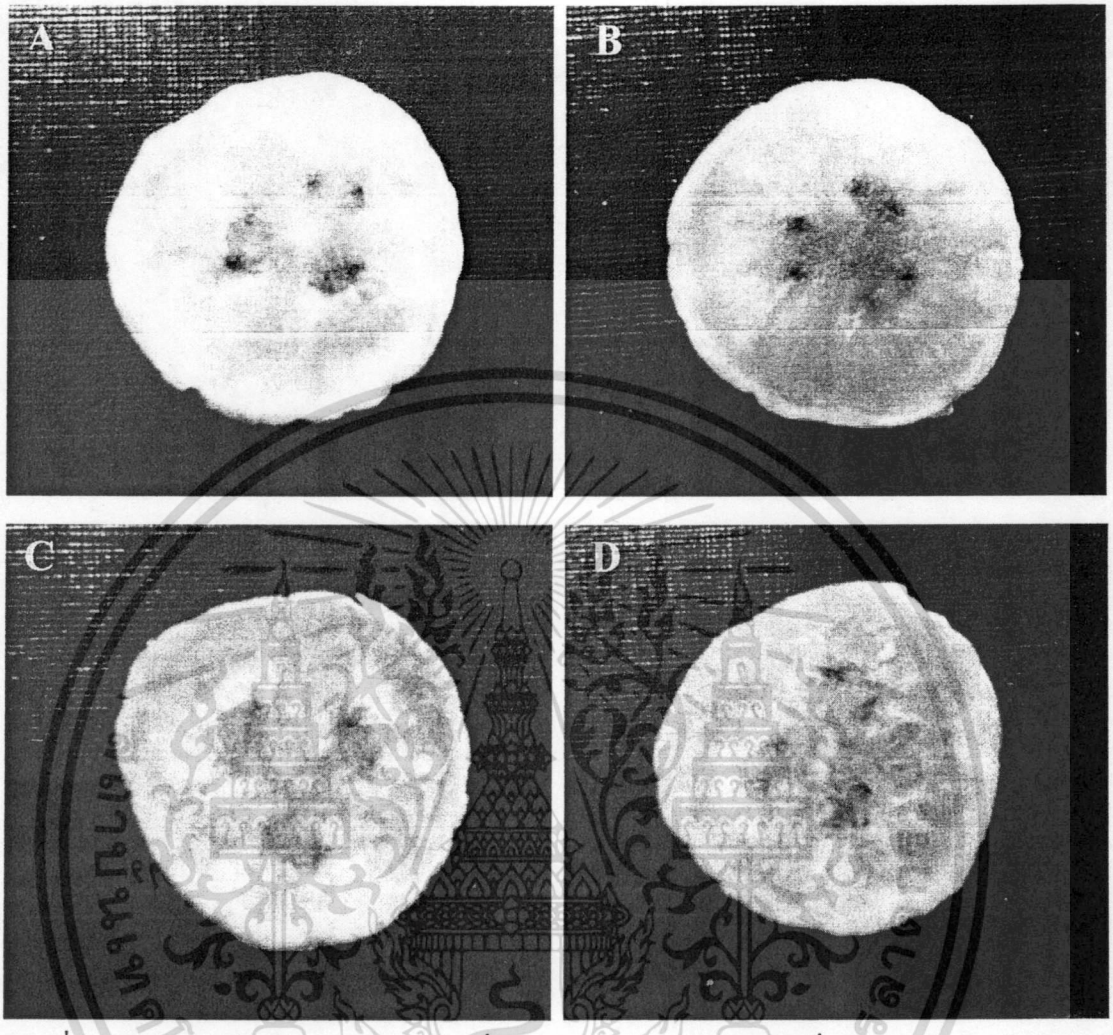
ภาคผนวก ฎ

ภาพผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง



ภาพที่ ฎ.1 ตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ได้จากการทอดที่สภาวะปกติ (A) เปรียบเทียบกับการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฎ.2 ตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่ผ่านการแช่สาระลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) ซีสเตอีน(C) กรดแอสคอร์บิก (D) ก่อนทอด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นาย ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2531
วท.ม.	เทคโนโลยีการอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2534
Ph.D.	Food Science	University of Wisconsin-Madison, USA	2543

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- Food Chemistry and Biochemistry
- Food Enzymology
- Functional Foods and Nutraceuticals

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

1. สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดส้มสายพันธุ์ต่างๆ (ทุนเงินรายได้ ปี 2545)
2. สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวาน (ทุนงบประมาณปี 2547)
3. ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากผลไม้และวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ (ทุนงบประมาณปี 2548)
4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของกล้วยน้ำว้าและผลิตภัณฑ์ (ทุนงบประมาณปี 2549)
5. ปริมาณกรดฟีนอลิก สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือก เนื้อ และเมล็ดในของมะม่วงพันธุ์ต่าง ๆ ที่ระดับความสุกต่างกัน(ทุนงบประมาณปี 2550)
6. สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงและผลของน้ำตาลชนิดต่างๆต่อประสิทธิภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์กุนเชียงและหมูแผ่น (ทุนงบประมาณปี 2551)
7. การใช้พืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆในการเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์และคุณค่าเชิงสุขภาพของน้ำส้มสายชูกลั่น (ทุน สกว.-สสว. ปีงบประมาณ 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การตรวจหาอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารไทยที่ใช้วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรทสูงและผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการทอด (ทุนงบประมาณปี 2552)

9. ผลของการเตรียมขั้นต้นและการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพหลักทางเคมีกายภาพและโภชนาการของกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (ทุนงบประมาณปี 2553)

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และวันทนีย์ ช้างน้อย. 2545. การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและศักยภาพการต้านปฏิกิริยาออก ซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทย. อาหาร. 32(4): 300-307.
2. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม.2546. ผลของกรรมวิธีแปรรูปต่อการสูญเสียปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศ. อาหาร. 33(2): 111-117.
3. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2546. ผลของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และเกลือสังกะสีคลอไรด์ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย. อาหาร. 33(4): 277-282.
4. ศิริวรรณ จำแนกสาร และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2552. ผลของระดับความสุกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกและเนื้อกล้อยหอมทองและกล้วยไข่.วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า. 1(1): 49-60.
5. Anderson, C., Pinsirodom, P. and Parkin, K.L. 2002. Hydrolytic selectivity of patatin (lipid acyl hydrolase) from potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers toward various lipids. J. Food Biochem. 26(1): 63-74.
6. Pinsirodom, P. and Intaporn, C. 2004. Composition and positional distribution of fatty acids in triacylglycerols of papaya seed oil. Proceedings of the 1st KMITL Interanational Conference on Inte- gration of Science & Technology for Sustainable Delvelopment. 25-26 August, Bangkok, Thailand. Vol. 2. 349-351
7. Pinsirodom, P.; Watanabe, Y.; Nagao, T.; Sugihara, A.; Kobayashi, T. and Shimada, Y. 2004. Critical temperature for production of MAG by esterification of different FA with glycerol using *Penicillium camembertii* lipase. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81(6): 543-547.
8. Watanabe, Y.; Pinsirodom, P.; Nagao, T.; Kobayashi, T.; Nishida, Y.; Takagi, Y. and Shimada, Y. 2005. Production of FAME from acid oil model using immobilized *Candida antarctioca* lipase. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 82(11): 825-831.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Watanabe, Y., Pinsirodom, P., Nagao, T., Yamaichi, A., Kobayashi, T., Nishida, Y., Takagi, Y., Shimada, Y.2007. Conversion of acid oil by-produced in vegetable oil refining to biodiesel fuel by immobilized Cadida Antarctica lipase. *J. Mol. Cat. B: Enzymatic.* 44: 99-105.

10. Pinsirodom, P., Rungcharoen, J., Liumminful, A.2008. Quality of commercial wine vinegars evaluated on the basis of total polyphenol content and antioxidant properties. *As. J. Food Ag-Ind.* 1(4):232-241.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. เกรียงศักดิ์ ภูษิต และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2548. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารด้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วง. การประ- ชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 7: เทคโนโลยีอาหารก้าวไกลนำไทยสู่ครัวโลก.วันที่ 22-24 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติไบ-เทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 9 หน้า.

2. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ทิพเนตร ปริณามโอสถ และกรวิทย์ พงษ์ประเสริฐ. 2548. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของถั่วเขียวและถั่วเหลืองในระหว่างการงอก.การ ประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 7: เทคโนโลยีอาหารก้าวไกลนำไทยสู่ครัวโลก.วันที่ 22-24 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานา- ชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 9 หน้า.

3. นภชลัช ยอดพรหม ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และ อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2549. สมบัติการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมะม่วงต่อแบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียแลคติค. การประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 8: นวัตกรรมทางอาหาร. วันที่ 15-16 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 7 หน้า.

4. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2549. ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวขัดขาว ข้าวกล้อง และข้าวที่มีสีเข้ม. การประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 8: นวัตกรรมทางอาหาร. วันที่ 15-16 มิถุนายน ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร. 7 หน้า.

5. Pinsirodom, P. and Intaporn, C. 2004. Composition and positional distribution of fatty acids in triacylglycerols of papaya seed oil. Proceedings of the 1st KMITL Interanational Conference on Inte- gration of Science & Technology for Sustainable Delvelopment. 25-26 August, Bangkok, Thailand. Vol. 2. 349-351

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Angsujinda, S., Swetwiwathana, A., Surapunpisid, Y. and Pinsirodom, P. 2005. Antimicrobial effect of Roselle (*Hibicus sabdariffa* Linn.) extract against bacterial pathogens associated in Thai fermented meat (Nham). The 51st International Congress of Meat Science and Technology. 7-12 August, Baltimore, Maryland, USA. 6 pp.

7. Pinsirodom, P., Akkarapolkul, M., Suksawad, S. 2007. Assays of Fibrinolytic enayme activity in Thai traditional fermented foods. International Conference on Integration of Science & Technoloty for Sustainable Development, 26-27 April, Bangkok, Thailand. 166-169.

8. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** 2010. Effect of anthocyanins from different plant source on the oxidative stability of vacuum packed Chinese-style sausage during storage. *The 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST),* Jeju International Convention Center, Jeju Island, Republic of Korea, 15-20 August.

9. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** 2010. Antioxidant properties of roselle extract and its antilipoperoxidant efficiency in meat products as affected by sucrose. *The 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST),* Jeju International Convention Center, Jeju Island, Republic of Korea, 15-20 August.

10. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** 2011. Effect of xylitol concentration on oxidative stability and quality parameters of roselle anthocyanin added Chinese-style sausage. *The 12th ASEAN Food Conference*, 16-18 June, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, pp. 586-589.

11. Parinyapatthanaboot, T. and **Pinsirodom, P.** and Tai, P.J. 2011. Thermal stability and kinetic degradation of anthocyanin extracted from nanaparticled roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in model system. *The 12th ASEAN Food Conference*, 16-18 June, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้