สภาวะที่เหมาะสมในการทอดกล้วยคาเวนดิชโดยเครื่องทอดสุญญากาศ

Optimum Conditions for Frying Cavendish Bananas by Vacuum Fryer

เพ็ญศิริ คงสิทธิ์[1*] กัญญา สลุงอยู่[1] และสายป่าน สางชัยภูมิ[1]

Phensiri Khongsit[1*] Kanya Salungyoo[1] and Saiparn Sangchaiyapoom[1]

Received: *May 3, 2023;* ***Revised:*** *August 28, 2023;* ***Accepted:*** *August 29, 2023*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดกล้วยคาเวนดิชโดยเครื่องทอดสุญญากาศ โดยกำหนดปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของกล้วยคาเวนดิช เมื่อทอดในสภาวะสุญญากาศ 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิน้ำมันทอด (75 80 และ 85 °C) และระยะเวลาในการทอด (50 60 และ 70 นาที) ที่สภาวะสุญญากาศ 84 kPa หมุนเหวี่ยงเพื่อสลัดน้ำมันที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที โดยนำกล้วยคาเวนดิชในระยะสุกที่ 5 (ที่มีเปลือกมีสีเหลืองทั้งผล) มาทำการล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และนำมาหั่นให้มีความหนา 0.5 เซนติเมตร นำไปแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.02 % เป็นเวลา 1 นาที และแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 % เป็นเวลา 1 นาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทอด ได้แก่ อุณหภูมิน้ำมันทอด 75 °C และเวลา 70 นาที ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าการทอดกล้วยคาเวนดิชที่อุณหภูมิน้ำมันทอด 75 °C และเวลา 70 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีและผู้บริโภคให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด โดยอุณหภูมิและเวลาในการทอดที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลิตภัณฑ์กล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศมีปริมาณน้ำอิสระ 0.26 ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 47.88 7.29 และ 30.89 ความแข็ง 5.21 กิโลกรัม ความกรอบ 16.88 กิโลกรัมต่อวินาที และกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน กากใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 1.60 20.63 1.15 5.31 1.33 69.98 และ 470.26 กิโลแคลอรี่ ตามลำดับ และค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 0.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ : กล้วยคาเวนดิช; การทอดสุญญากาศ; คุณภาพของกล้วยทอด; การสร้างมูลค่าเพิ่ม

[1] *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี*

[1] *Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi*

[*] *Corresponding Author, Tel. 08 0987 0809, E - mail: phensiri.k@lawasri.tru.ac.th*

ISSN 2672-9369 (Online)

Abstract

This research aimed to study the optimal conditions for frying cavendish banana by vacuum fryer. Two main factors were studied: oil temperature (75, 80, and 85 ºC) and frying time (50, 60, and 70 min). The frying was done under vacuum pressure of 84 kPa with a centrifugation speed of 900 rpm for 15 minutes to eliminate oils on the surface. Cavendish bananas with maturity index 5 (yellow peel throughout the fruit) were washed, peeled and sliced to a thickness of 0.5 cm, and followed by soaking in 0.02 % sodium metabisulfite solution for 1 min and 0.5 % CaCl solution for 1 min. The results showed that frying cavendish banana at oil temperature 75 ºC for 70 min produced the best product in terms of texture and sensory evaluation. The different frying temperatures and times significantly affected the quality of the product ($p \leq 0.05$). The product had moisture content of 0.26 %. L*, a* and b* values were 47.88, 7.29, and 30.89, respectively, while hardness was 5.21 kg, and crispiness was 16.88 kg/s. The chemical component including moisture, fat, protein, fiber, ash, carbohydrate and total energy were 1.60 %, 20.63, 1.155, 5.31, 1.33 %, 69.98 % and 470.26 kcal, respectively. The peroxide value was 0.79 mg/kg and microbiological quality did not exceed the standard requirements.

Keywords: Cavendish Banana; Vacuum Fry; Banana Chips Quality; Adding Value Creation

บทนำ

กล้วยหอม เป็นไม้ล้มลุกชนิดหนึ่งมีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ เช่น กล้วยหอมจันทร์ กล้วยหอมทอง กล้วยคาเวนดิช โดยกล้วยคาเวนดิช (Cavendish Banana หรือ Musa Acuminata Latundan) เป็นกล้วยหอมที่นิยมปลูกกันโดยทั่วไป [1] ผลดิบของกล้วยหอมมีรสฝาด มีประโยชน์และสรรพคุณคือ ช่วยรักษาอาการท้องเสียเรื้อรัง และรักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ ส่วนผลสุกของกล้วยหอมให้รสหวาน ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง และช่วยระบบขับถ่าย รวมทั้งรักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ นอกจากนี้กล้วยยังอุดมไปด้วยเส้นใยและกากอาหาร และยังมีวิตามินและแร่ธาตุ ชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแมกนีเซียม คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี 6 วิตามินบี 12 และวิตามินซี เป็นต้น ในปัจจุบันนี้มีการนำกล้วยมาใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น กล้วยทอด กล้วยอบ กล้วยปิ้ง กล้วยทับขนมกล้วย เป็นต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรม สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยได้ โดยเฉพาะในฤดูกาลที่ผลผลิตล้นตลาด การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วยคาเวนดิช จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ

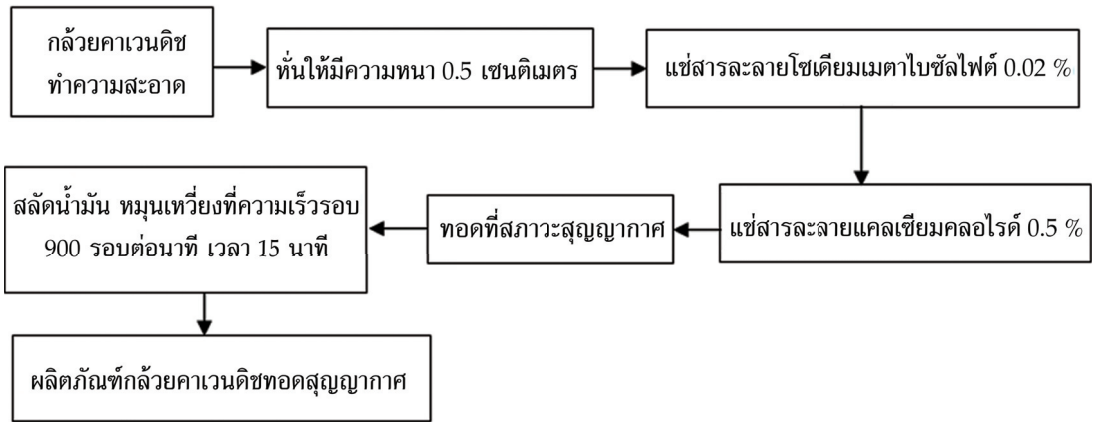
กระบวนการทอดเป็นการแปรรูปที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร และการบริโภคในครัวเรือนเป็นอย่างมาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทอด มีลักษณะเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการให้ความร้อนวิธีอื่นคือ มีการนำน้ำมันมาใช้เป็นตัวช่วยในการถ่ายเทความร้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ดี ปัญหาในการแปรรูปคือ การสูญเสียคุณค่าสารอาหาร การสูญเสียคุณลักษณะทางธรรมชาติที่ดีของพืชผักผลไม้ ไม่ว่าจะเป็นสีสัน กลิ่น รสชาติหวาน หอมตามธรรมชาติ แต่ละวิธีในการแปรรูปมักใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูป ปัจจุบันนิยมใช้การทอดสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทอดในระบบปิดภายใต้ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ โดยใช้น้ำมันเป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปยังอาหาร ซึ่งส่งผลให้จุดเดือดของน้ำลดลงต่ำกว่า 100 °C น้ำในอาหารระเหยออกไปได้อย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันถึงจุดเดือดของน้ำ [2] ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีสีสันสวยงาม ไม่ไหม้ หรือสีเข้ม มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ คงรสชาติหอมหวานตามธรรมชาติไว้ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะและคุณภาพคงเดิม จากการวิจัย

ก่อนหน้านี้ [3] ศึกษาผลของการทอดต่อคุณสมบัติของปลีกล้วยทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิในการทอด 100 110 และ 120 ºC และระยะเวลาในการทอด 10 15 และ 20 นาที ที่ความดัน 86.65 kPa พบว่า ที่อุณหภูมิทอด 100 ºC ระยะเวลาในการทอด 20 นาที หมุนเหวี่ยงเพื่อสลัดน้ำมันที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณไขมันต่ำที่สุด มีการแตกหักน้อย มีความชื้นต่ำ แต่ยังคงมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง และ [4] ได้ศึกษาผลของการทอดสุญญากาศของขนมขบเคี้ยวจากมันหวาน โดยทำการทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิน้ำมัน 90 ºC เป็นเวลา 30 นาที ที่ความดัน 20 kPa เปรียบเทียบการทอดที่ความดันบรรยากาศอุณหภูมิน้ำมัน 170 ºC เป็นเวลา 2.5 นาที พบว่า ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ทอดสุญญากาศน้อยกว่าปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่ความดันบรรยากาศ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการใช้เทคโนโลยีการทอดสุญญากาศ โดยนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่และเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยคาเวนดิช เพิ่มทางเลือกและความหลากหลายสำหรับผู้บริโภคที่สนใจเรื่องสุขภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

กล้วยคาเวนดิช ในระยะสุกที่ 5 (ที่มีเปลือกมีสีเหลืองทั้งผล) จากระยะสุกของกล้วยทั้งหมด 7 ระยะ ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 18 – 20 ºBrix จากไร่ไพวัลย์กล้วยหอม อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ทำการล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และนำมาหั่นให้มีความหนา 0.5 เซนติเมตร นำไปแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.02 % เป็นเวลา 1 นาที และแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 % เป็นเวลา 1 นาที นำมาทอดโดยใช้เครื่องทอดสุญญากาศที่สภาวะสุญญากาศ 84 kPa โดยใช้อุณหภูมิน้ำมันทอดด้วยเครื่องสุญญากาศ 3 ระดับ คือ 75 80 และ 85 ºC และเวลาในการทอด 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 นาที โดยวางแผนการทดลอง โดยวิธี Factorial Design 3 x 3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และปั่นเหวี่ยงน้ำมันที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที พักตัวอย่างทิ้งไว้ให้เย็น ดังรูปที่ 1 บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนก่อนนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่อไป



รูปที่ 1 กระบวนการทอดสุญญากาศผลิตภัณฑ์กล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ

1. **การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ**

ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) โดยนำตัวอย่างไปบดให้ละเอียด ใส่ในถ้วยและนำลงไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระโดยใช้เครื่อง Water Activity Meter (ยี่ห้อ Aqua Lab, รุ่น 4TE, USA) ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ISSN 2672-9369 (Online)

เนื้อสัมผัส โดยนำตัวอย่างวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer (ยี่ห้อ Stabel Micro Systems, รุ่น TA.XT.Plus, England) โดยใช้หัววัดทรงกลม Spherical Stainless P0.5S (P/5S) โดยแรงกดบริเวณตรงกลาง แผ่นของตัวอย่าง มีความเร็วการเคลื่อนของหัววัด 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะในการเคลื่อนที่ของหัววัด 10 มิลลิเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็งในหน่วยกิโลกรัม และค่าความกรอบในหน่วยกิโลกรัมต่อวินาที [5]

ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter, Hunter Lab, USA) แสดงค่าสีที่วัดได้เป็นค่าสี L* a* และ b* โดย L* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (สว่าง) ค่า a* แสดงค่าความเป็นสีแดง (ค่า +) และสีเขียว (ค่า -) และค่า b* แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (ค่า +) และสีน้ำเงิน (ค่า -) ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

2. **การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี**

วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงานในกล้วยคาเวนดิช ทอดสุญญากาศตามวิธีมาตรฐาน AOAC [6]

3. **การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส**

ทำทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale โดยการประเมินคุณภาพทางด้านความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความแข็ง และความชอบโดยรวม จากผู้ทดสอบชิมที่เป็นตัวแทนของผู้บริโภค 30 คน

4. **การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์**

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาตัวอย่างประกอบด้วย จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธีมาตรฐาน AOAC [6]

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อคุณภาพของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ โดยทอดที่อุณหภูมิ 75 80 และ 85 °C ที่ระยะเวลาในการทอด 50 60 และ 70 นาที ส่งผลต่อคุณภาพของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังนี้

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ ดังตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากในระหว่างกระบวนการทอดอุณหภูมิของกล้วยคาเวนดิชเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำในอาหารจะถูกระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนที่ออกจากอาหาร ทำให้ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้ง อุณหภูมิที่ผิวกล้วยคาเวนดิชแผ่นจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันร้อน และอุณหภูมิภายในอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึงจุดเดือดของน้ำในอาหารในสภาวะสุญญากาศ เปลือกนอกของอาหารจะมีรูพรุน น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากรูพรุน และน้ำมันจะเข้าไปแทนที่โดยความชื้นเคลื่อนที่ผ่านผิวตัวอย่างอาหาร และฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมัน ทำให้อาหารมีปริมาณความชื้นลดลง ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณน้ำอิสระได้ [7] ซึ่งปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหารเพราะความชื้นในอาหารและค่าปริมาณน้ำอิสระจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้า ๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้นซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้อาหารเน่าเสีย [8]

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อค่าสี (L* a* และ b*) ของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ ดังตารางที่ 1 พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้มีสีแดงเพิ่มขึ้น สำหรับการเพิ่มขึ้นเวลาในการทอดพบว่า ค่า L* มีค่าลดลง แต่ค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกล้วยสุกมีน้ำตาลในปริมาณสูงและมีกรดอะมิโนส่งผลให้ในระหว่างกระบวนการทอดเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ [9] และอัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 °C โดยปฏิกิริยา

การเกิดสีน้ำตาลนี้จะเกิดได้น้อยลงภายใต้สภาวะสุญญากาศและจะเกิดได้ช้าลงเมื่ออุณหภูมิในการทอดลดลง [10] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [11] ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อคุณภาพของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้าที่รายงานว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบ ณ เวลาการทอดที่เท่ากันส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง และยังส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อปริมาณน้ำอิสระและค่าสีของผลิตภัณฑ์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าสี		
			L*	a*	b*
75	50	0.44 ± 0.01^{a}	53.25 ± 4.07^{a}	5.58 ± 0.87^{e}	29.86 ± 3.75^{b}
	60	0.32 ± 0.04^{c}	49.92 ± 0.35^{abc}	7.70 ± 0.02^{d}	35.85 ± 2.81^{a}
	70	0.20 ± 0.01^{ef}	47.80 ± 2.40^{cd}	12.35 ± 0.25^{b}	32.46 ± 1.16^{ab}
80	50	0.37 ± 0.04^{b}	52.15 ± 2.82^{ab}	7.91 ± 0.64^{d}	33.53 ± 1.31^{ab}
	60	0.25 ± 0.01^{de}	49.38 ± 1.16^{bc}	10.25 ± 0.36^{c}	33.58 ± 1.13^{ab}
	70	0.21 ± 0.03^{ef}	49.09 ± 0.17^{bc}	11.54 ± 0.81^{b}	33.83 ± 1.99^{ab}
85	50	0.28 ± 0.05^{cd}	48.87 ± 0.82^{bc}	11.68 ± 0.13^{b}	35.89 ± 1.51^{a}
	60	0.21 ± 0.02^{ef}	44.93 ± 1.43^{d}	13.68 ± 0.07^{a}	35.62 ± 1.88^{a}
	70	0.20 ± 0.01^{f}	35.17 ± 0.82^{e}	12.31 ± 0.33^{b}	21.36 ± 2.59^{c}

หมายเหตุ: a-d หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศดังตารางที่ 2 ซึ่งค่าความแข็ง (Hardness) หมายถึง แรงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นกล้วยคาเวนดิชแผ่นทอดสุญญากาศแตก ส่วนค่าความกรอบ (Crispness) เป็นคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส (Texture Properties) ที่เกิดขึ้นเมื่อทำให้ตัวอย่างแตกออกจากกันพบว่า ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อคุณภาพค่าความแข็งและค่าความกรอบของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เนื้อสัมผัสในด้านค่าความแข็งและค่าความกรอบเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลาในการทอดที่นานขึ้นมีผลทำให้เกิดการระเหยน้ำจากตัวอย่างมากขึ้น ส่งผลให้ความชื้นลดลงและความแข็งสูงขึ้น หากมีการสูญเสียน้ำจากตัวอย่างมากจะก่อให้เกิดลักษณะกรอบร่วนหรือกรอบเปราะ [12] สอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] รายงานว่า กล้วยหอมทองแผ่นทอดในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 110 ^{o}C เป็นเวลา 20 นาที พบว่า ในช่วง 10 นาทีแรกของกระบวนการทอดกล้วยแผ่นทอดกรอบมีความแข็ง 6.14 นิวตัน และเมื่อทอดนานขึ้นผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งและกรอบเพิ่มขึ้น มีค่าความแข็งเท่ากับ 12.17 นิวตัน

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อค่าความแข็ง และค่าความกรอบ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความแข็ง (กิโลกรัม)	ความกรอบ (กิโลกรัมต่อวินาที)
75	50	2.17 ± 0.08^{d}	6.78 ± 0.71^{e}
	60	3.02 ± 0.41^{abc}	13.20 ± 0.48^{c}
	70	2.49 ± 0.05^{cd}	15.48 ± 0.56^{b}

ISSN 2672-9369 (Online)

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อค่าความแข็ง และค่าความกรอบ (ต่อ)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความแข็ง (กิโลกรัม)	ความกรอบ (กิโลกรัมต่อวินาที)
80	50	3.12 ± 0.12^{ab}	10.95 ± 0.65^{d}
	60	2.14 ± 0.27^{d}	10.79 ± 2.00^{d}
	70	2.72 ± 0.14^{bcd}	10.41 ± 1.12^{b}
85	50	2.56 ± 0.61^{bcd}	12.07 ± 0.43^{cd}
	60	2.91 ± 0.47^{abc}	15.22 ± 0.18^{b}
	70	3.34 ± 0.29^{a}	20.15 ± 0.98^{a}

หมายเหตุ: a-d หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อปริมาณความชื้นของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ ดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับ [13] รายงานว่า กล้วยแผ่นทอดที่อุณหภูมิ 180 ^{o}C เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณความชื้นลดลงจากร้อยละ 44.56 เหลือเพียงร้อยละ 5.41 ซึ่งในระหว่างกระบวนการทอดน้ำภายในชิ้นอาหารจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำ บริเวณผิวหน้าและน้ำอิสระที่อยู่ภายในชิ้นอาหาร ส่งผลให้ชิ้นอาหารมีลักษณะที่แห้งกรอบ [14] ทั้งนี้ปริมาณความชื้นเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะปริมาณความชื้นมีผลต่อลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการยอมรับของผู้บริโภคและอายุการเก็บรักษา โดยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด โดยมีค่าไม่เกินร้อยละ 5 ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้ทอดกรอบ ฉบับที่ 1038 [15]

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อปริมาณไขมันของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ ดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ [2] พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดสุญญากาศมันฝรั่งเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ปริมาณไขมันในมันฝรั่งมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในระหว่างการทอดน้ำที่บริเวณผิวของอาหารจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแล้วเคลื่อนที่ออกจากอาหาร ซึ่งการเคลื่อนที่ของไอน้ำอย่างต่อเนื่องจะช่วยดึงให้น้ำภายในอาหารสามารถเคลื่อนตัวจากภายในชิ้นอาหารออกสู่ด้านนอกและระเหยเป็นไอ ทำให้เปลือกของอาหารมีลักษณะแห้งและมีความหนาเพิ่มขึ้น และการระเหยของน้ำยังทำให้เกิดรูพรุน น้ำมันจึงสามารถผ่านเข้าไปในอาหารได้ [16]

ตารางที่ 3 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อค่าความชื้น และปริมาณไขมัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)
75	50	10.39 ± 10.40^{a}	21.35 ± 1.72^{c}
	60	2.13 ± 0.41^{c}	21.76 ± 2.42^{c}
	70	1.30 ± 0.10^{d}	21.39 ± 0.11^{c}
80	50	5.04 ± 0.61^{b}	19.07 ± 0.21^{d}
	60	2.39 ± 0.39^{c}	21.96 ± 0.06^{c}
	70	2.45 ± 0.42^{c}	24.05 ± 0.79^{ab}
85	50	5.18 ± 0.71^{b}	23.38 ± 0.38^{bc}
	60	2.86 ± 0.31^{c}	25.58 ± 0.97^{a}
	70	0.93 ± 0.23^{d}	25.58 ± 1.07^{a}

หมายเหตุ: a-d หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ลักษณะปรากฏ	สี	รสชาติ	กลิ่นรส	ความแข็ง	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
75	50	7.17±1.15^{b}	7.40±0.93^{b}	7.07±1.36^{cd}	7.00±1.53^{cd}	6.40±1.65^{cd}	6.20±1.90^{d}	6.83±1.51^{cde}
	60	7.33±0.88^{b}	7.60±0.68^{b}	7.33±0.92^{bcd}	7.77±0.77^{a}	7.07±1.05^{abc}	7.40±0.77^{ab}	7.33±0.48^{bc}
	70	8.17±0.59^{a}	8.30±0.60^{a}	8.07±0.74^{a}	7.97±0.77^{a}	7.60±0.89^{a}	7.83±0.95^{a}	8.23±0.73^{a}
80	50	7.53±0.78^{b}	7.50±0.69^{b}	7.50±0.82^{bc}	7.60±0.62^{ab}	6.73±1.39^{bc}	7.00±1.22^{bc}	7.33±0.84^{bc}
	60	7.53±0.78^{b}	7.57±0.86^{b}	7.73±1.05^{ab}	7.47±0.86^{abc}	7.30±0.88^{ab}	7.53±0.90^{ab}	7.77±0.57^{ab}
	70	7.13±0.90^{b}	7.10±0.71^{b}	7.20±0.71^{bcd}	7.10±0.71^{bcd}	7.00±0.87^{abc}	7.40±0.56^{ab}	7.13±1.28^{cd}
85	50	6.37±1.38^{c}	6.51±1.20^{c}	7.03±0.81^{cd}	6.93±0.79^{d}	6.60±1.30^{cd}	6.50±1.20^{cd}	6.73±1.23^{de}
	60	6.30±1.24^{c}	6.10±1.27^{c}	6.80±1.10^{d}	6.63±0.96^{d}	6.60±1.00^{cd}	7.17±0.99^{b}	6.50±0.90^{e}
	70	4.90±1.90^{d}	2.87±1.73^{d}	4.57±1.38^{e}	4.40±1.28^{e}	6.03±1.54^{d}	6.27±1.31^{d}	5.47±0.90^{f}

หมายเหตุ: a-d หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอดกล้วยคาเวนดิชด้วยเครื่องทอดสุญญากาศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาและประชาชนทั่วไป ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale โดยการประเมินคุณภาพทางด้านความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความแข็ง และความชอบโดยรวม ดังตารางที่ 4 พบว่า เมื่อระยะเวลาในการทอดเพิ่มขึ้นทำให้คะแนนความชอบในกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศลดลง โดยที่อุณหภูมิ 85 °C เมื่อระยะเวลาการทอดเพิ่มขึ้น ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้าน (ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น ความแข็ง ความกรอบ และความชอบโดยรวม) ลดลง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูง และระยะเวลาในการทอดนาน ทำให้กล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ มีกลิ่นรส สี รสชาติที่เข้มมาก และที่อุณหภูมิน้ำมัน 75 °C เวลา 70 นาที ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น ความแข็ง ความกรอบ และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 8.17 (ชอบมาก) คะแนนความชอบด้านสีเท่ากับ 8.30 (ชอบมาก) คะแนนความชอบด้านรสชาติเท่ากับ 8.07 (ชอบมาก) คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสเท่ากับ 7.97 (ชอบปานกลาง) คะแนนความชอบด้านความแข็งเท่ากับ 7.60 (ชอบปานกลาง) คะแนนความชอบด้านความกรอบเท่ากับ 7.83 (ชอบปานกลาง) และคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.23 (ชอบมาก)

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการทอดกล้วยคาเวนดิชด้วยเครื่องทอดสุญญากาศพบว่าสภาวะที่ใช้อุณหภูมิ 75 °C เวลา 70 นาที ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น ความแข็ง ความกรอบ และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่ามีคุณภาพทางกายภาพในด้านปริมาณน้ำอิสระมีปริมาณน้อยที่สุด ด้านของสีให้ ค่า L* แสดงถึงความสว่าง ค่า b* แสดงถึงการมีสีเหลืองเนื้อสัมผัสในด้านความแข็งและความกรอบมาก และมีคุณภาพทางเคมี มีปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และมีปริมาณไขมันน้อย

เมื่อนำผลิตภัณฑ์กล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศที่ทอดที่อุณหภูมิ 75 °C เวลา 70 นาที ไปศึกษาคุณภาพทางเคมีของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ ดังตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน กากใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด โดยวิธี AOAC มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.60±0.20 20.63±0.55 1.15±0.07 5.31±0.32 1.33±0.29 69.98±0.28 และ 470.26±3.66 กิโลแคลอรี่ ตามลำดับ และค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 0.79±0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.33×10^{1} โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดโดยจำนวณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^{6} โคโลนีต่อกรัม และยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 1038 ผักและผลไม้ทอดกรอบ

ISSN 2672-9369 (Online)

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมี และจุลินทรีย์ของกล้วยคาเวนดิชทอดสุญญากาศ

สมบัติทางเคมี และจุลินทรีย์	ค่าเชิงตัวเลข
สมบัติทางเคมี	
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	1.60±0.20
ไขมัน (ร้อยละ)	20.63±0.55
โปรตีน (ร้อยละ)	1.15±0.07
กากใย (ร้อยละ)	5.31±0.32
เถ้า (ร้อยละ)	1.33±0.29
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	69.98±0.28
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี่ต่อ100 กรัม)	470.26±3.66
ค่าเพอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	0.79±0.04
สมบัติทางจุลินทรีย์	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	2.3×10^{1}
ปริมาณยีสต์ และรา (โคโลนีต่อกรัม)	<10

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการทอดกล้วยคาเวนดิชด้วยเครื่องทอดสุญญากาศพบว่า สภาวะที่ใช้อุณหภูมิ 75 °C เวลา 70 นาที ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น ความแข็ง ความกรอบ และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และมีคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระ ค่า L* ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมันมีค่าลดลง แต่ค่า a* ค่าความแข็ง และความกรอบมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทางอาหารสูง มีสีสันสวยงาม มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ คงรสชาติหอมหวานตามธรรมชาติไว้ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะและคุณภาพใกล้เคียงเดิม

References

[1] Silayoi, B. (2002). **Banana**. 3rd eds. Bangkok: Kasatsart University Press (in Thai)

[2] Garayo, J. and Moreira, R. (2002). Vacuum Frying of Potato Chips. **Journal of Food Engineering**. Vol. 55, pp. 181-191. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00062-6

[3] Wichaphon, J., Judphol, J., Tochampa, W., and Singanusong, R. (2023). Effect of Frying Conditions on Properties of Vacuum Fried Banana Bracts. **LWT-Food Science and Technology**. Vol. 184, Article 115022. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115022

[4] Yang, J.-H., Park, H.-Y., Kim, Y.-S., Choi, I.-W., Kim, S.-S., and Choi, H.-D. (2012). Quality Characteristics of Vacuum-Fried Snacks Prepared from Various Sweet Potato Cultivars. **Food Science and Biotechnology**. Vol. 21, No. 2, pp. 525-530. DOI: 10.1007/s10068-012-0067-4

[5] Yamsaengsung, R., Ariyapunchai, T., and Prasertsit, K. (2011). Effect of Vacuum Frying on Structural Changes of Banana. **Journal of Food Engineering**. Vol. 106, pp. 298-305. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.05.016

[6] AOAC. (2000). **Official Method of Analysis**. (17th ed). Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemist

[7] Rungsardthong, V. (2003). **Food Processing Technology**. 3rd eds. Bangkok: O-dean Store (in Thai)

[8] Rattanapanone, N. (2010). **Food Chemistry**. Bangkok: O-dean Store (in Thai)

[9] Khawas, P., Das, A., Sit, N., Badwaik, L., and Deka, S. (2014). Nutritional Composition of Culinary Musa ABB at Different Stage of Development. **American Journal of Food Science and Technology**. Vol. 2, No. 3, pp. 80-87. DOI: 10.12691/ajfst-2-3-1

[10] Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle, P. (2004). **Food Chemistry**. 3rd Reviseded. Berlin: Springer

[11] Chantaro, P., Harnsilawat, T., and Chalermchaiwat, P. (2017). Effect of Frying Temperature and Time on the Quality of Paprika Flavored Cassava Chips. **RMUTI Journal Science and Technology**. Vol. 11, No. 1, pp. 106-117 (in Thai)

[12] Phuttakasam, W., Sadudee, W., Thanasukarn, P., Srinuan, C., and Singanusong, R. (2020). The Study of Suitable Frying Condition for Vacuum Fried Sweet Corn Nuggets. **Agricultural Science Journal**. Vol. 51, No. 1, pp. 157-162 (in Thai)

[13] Aida, S. A., Noriza, A., Haswani, M. M., and Mya, S. M. Y. (2016). A Study on Reducing Fat Content of Fried Banana Chips Using a Sweet Pre-Treatment Technique. **International Food Research Journal**. Vol. 23, No. 1, pp. 68-71

[14] Dueik, V., Robert, P., and Bouchon, P. (2010). Vacuum Frying Reduces Oil Uptake and Improves the Quality Parameters of Carrot Crisps. **Food Chemistry**. Vol. 119, Issue 3, pp. 1143-1149. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.08.027

[15] Standard of Fried vVegetable and Fruit. **Thai Industrial Standards Institute**. TISI. 1038/2011. (in Thai)

[16] Chinnasarn, S. (2009). Oil Uptake in Deep-Fat Frying Process. **Burapha Science Journal**. Vol. 14, No. 2, pp. 138-145 (in Thai)

ISSN 2672-9369 (Online)