ผลของการย่างและการลวกต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ เนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคจากฟักทองพันธุ์คางคกและพันธุ์ศรีเมือง

The Effects of Grilling and Blanching on Physico-Chemical, Textural and Sensory Properties of Ready-to-eat Grilled Pumpkin from Kang-Khok and Sri-Muang Cultivars

ภาราดร งามดี* อลิสรา ศรีสุธรรม และ อภิชญา ทองมาก

Paradorn Ngamdee* Alisara Srisutam and Apichaya Tongmak

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University

*E-mail: ngparadorn@gmail.com

Received: Feb 21, 2019

Revised: Sep 15, 2019

Accepted: Oct 30, 2019

บทคัดย่อ

ฟักทองได้รับการสนับสนุนให้เพิ่มปริมาณการเพาะปลูกในอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี เพื่อพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรแห่งใหม่ เพื่อป้องกันปัญหาราคาฟักทองตกต่ำเนื่องจากปริมาณผลผลิตที่มีมากขึ้นในอนาคต งานวิจัยนี้จึงเพิ่มการใช้ประโยชน์จากฟักทองโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภค โดยศึกษาผลของระยะเวลาในการย่างและการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพของชิ้นฟักทองย่าง โดยใช้ฟักทองพันธุ์คางคก (KK) และพันธุ์ศรีเมือง (SM) ซึ่งเพาะปลูกมากในพื้นที่ในการศึกษา จากการทดลองพบว่าการย่างชิ้นฟักทองเป็นเวลา 3, 4 และ 5 นาที มีผลต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ เนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง KK และ SM แตกต่างกัน แต่ฟักทองพันธุ์ SM ที่ย่างนาน 4 นาที (SM4) มีคุณภาพเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมสอดคล้องกับคะแนนความชอบของผู้บริโภค (7.3-7.5) ดังนั้น SM4 จึงถูกเลือกเป็นตัวอย่างต้นแบบเพื่อศึกษาผลของการลวกชิ้นฟักทองสดในน้ำเดือดนาน 15 วินาที และ 5 นาที ก่อนนำไปย่าง โดยพบว่าการลวกทั้งสองระดับไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีกายของชิ้นฟักทองย่าง แต่ชิ้นฟักทองที่ลวกนาน 15 วินาที ก่อนนำไปย่าง (SM4-15s) มีค่าความแข็ง (1,529 g) ใกล้เคียงกับฟักทองย่าง SM4-0s ที่ไม่ผ่านการลวก (1,481 g) อีกทั้ง SM4-15s ยังได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับสูง (7.5-8.0) ในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนั้น SM4-15s จึงถูกเลือกใช้เป็นตัวอย่างต้นแบบเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าการลวกช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของฟักทองย่างได้ นอกจากนี้ ยังช่วยให้ฟักทองย่างมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่า SM4-0s ตลอดอายุการเก็บรักษา 4 วัน อีกด้วย

คำสำคัญ: ฟักทอง ฟักทองย่าง คุณภาพทางเคมีกายภาพ อายุการเก็บรักษา

Abstract

Pumpkin is promoted to increase its cultivation in Pattana Nikom subdistrict of Lopburi province as to develop the place to be a new agricultural tourist destination. To prevent the price drop from the overproduced pumpkin, this study increased its utilization by producing a ready-to-eat grilled pumpkin product. The effects of grilling and blanching before grilling on the qualities of the grilled pumpkin slices were studied. Pumpkins, Kang-Khok (KK) and Sri-Muang (SM), the wildly cultivated cultivars in the area, were used. The experiment showed that the 3, 4 and 5 min of grilling time had different effects on physico-chemical, textural and sensory qualities of the grilled pumpkin from both KK and SM. However, Sri-Muang pumpkin that was grilled for 4 min (SM4) had a suitable textural property, which agreed with the high consumer liking score (7.3-7.5). Thus, SM4 was selected as a model

sample for the study on the blanching of pumpkin slices in boiling water for 15 sec and 5 min before they were grilled. The blanching at both levels showed no effect on the physico-chemical qualities of the pumpkin slices, but the 15 sec blanching (SM4-15s) had an equivalent hardness value (1,529 g) to the non-blanched SM4-0s (1,481 g). In addition, SM4-15s also received the highest liking score (7.5-8.0) for all sensory attributes, thus was selected for the shelf-life study at 4 °C. The blanching was effective as this step could help to reduce the initial microbial counts on the pumpkin slices and it could also reduce the microbial counts on the slices to be lower than of the SM4-0s through 4 days of storage.

Keywords: Pumpkin, grilled pumpkin, physico-chemical, shelf-life

1. บทนำ

ปัจจุบันฟักทองได้รับการสนับสนุนให้เป็นอัตลักษณ์ของอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ซึ่งได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อเป็นพืชทางเลือกและเพื่อพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรของจังหวัด [1] อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันผลกระทบด้านราคาผลผลิตตกต่ำที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตเมื่อปริมาณผลผลิตฟักทองมีมากขึ้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากฟักทองเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จึงอาจเป็นแนวทางป้องกันปัญหาดังกล่าวได้

ฟักทอง (*Cucurbita moschata* Decne.) เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งของวิตามิน แร่ธาตุ และใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ [2] ฟักทองสามารถรับประทานได้โดยการปรุงเป็นอาหารด้วยวิธีต่าง ๆ และยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ เช่น แยม เจลลี่ พูเร่ (puree) และซอส เป็นต้น หรืออาจแปรรูปเป็นแป้งฟักทองเพื่อใช้แทนแป้งจากธัญพืชในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ซุป และเส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น [2] อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันพบว่ารายงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค (ready-to-eat) จากฟักทองยังมีน้อย

ผลิตภัณฑ์ฟักทองพร้อมบริโภคที่มีความเป็นไปได้สูงในทางการตลาดชนิดหนึ่ง คือ ฟักทองย่าง เนื่องจากฟักทองย่างมีสีและกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ แตกต่างจากฟักทองที่ปรุงโดยการนึ่งหรือต้ม เป็นอาหารที่นิยมรับประทานร่วมกับการรับประทานสลัด นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคมีความสอดคล้องกับวิธีชีวิตที่เร่งรีบของสังคมไทยในปัจจุบัน ซึ่งผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานได้สะดวกและรวดเร็ว [3] ประกอบกับการเตรียมฟักทองย่างที่ใช้เวลาค่อนข้างนาน ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคจึงช่วยเพิ่มความสะดวกให้กับผู้บริโภคได้ นอกจากนี้อาหารพร้อมบริโภคส่วนใหญ่มักมีส่วนประกอบของผักในปริมาณน้อย [4] ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้บริโภคที่รับประทานอาหารพร้อมบริโภคเป็นประจำได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์ไม่ครบถ้วน ประกอบกับกระแสการรักษาสุขภาพในปัจจุบัน ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงให้ความสำคัญกับคุณประโยชน์ต่อสุขภาพของผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น ซึ่งฟักทองมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพหลายด้าน เช่น มีฤทธิ์ต้านโรคเบาหวาน ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็ง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากฟักทองมีแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง [5] ดังนั้นการพัฒนาฟักทองเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคจึงอาจช่วยเพิ่มทางเลือกของอาหารพร้อมบริโภคเพื่อสุขภาพได้อีกทางหนึ่ง

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของฟักทองย่างพบว่า ผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคอาจมีอายุการเก็บรักษา (shelf-life) ที่สั้น เนื่องจากฟักทองเป็นพืชที่มีความชื้นสูงถึงประมาณร้อยละ 92 [6], [7] และมีค่าพีเอชประมาณ 6.7 [6] ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งเสริมให้เกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย การแปรรูปฟักทองด้วยวิธีการย่างเพียงอย่างเดียวจึงอาจไม่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์บนชิ้นฟักทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้วิธีทางความร้อนวิธีอื่น เช่น การลวก ร่วมกับการย่าง อาจช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์บนชิ้นฟักทองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและอาจช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้

การลวก คือ กระบวนการใช้ความร้อนกับผักและผลไม้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งช่วยชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ทั้งทางเคมีกายภาพและทางจุลชีววิทยาได้ [8] แต่การลวกก็ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ การสูญเสียของเม็ดสีในพืช และยังทำให้เนื้อเยื่อพืชอ่อนนุ่มลงด้วย จากการศึกษาของ Gonçalves และคณะ [8] และ Srimatakarn และคณะ [6] พบว่าการลวกฟักทองส่งผลให้ค่าสี ค่าความแข็ง และการยึดกันภายในเนื้ออาหารของชิ้นฟักทองลดลง ระยะเวลาในการลวกผักทำได้ตั้งแต่ 30 วินาทีจนถึง 60 วินาที โดยขึ้นอยู่กับ

อุณหภูมิในการลวก ซึ่งอยู่ในช่วง 55-100 องศาเซลเซียส [6], [8], [9] การลวกชิ้นฟักทองด้วยอุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที พบว่าทำให้เนื้อฟักทองมีความแข็งลดลง [9] ในขณะที่การลวกฟักทองในน้ำเดือดนาน 30 วินาที ทำให้ค่าสีของชิ้นฟักทองลดลงเช่นกัน แต่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของฟักทองค่อนข้างน้อย [6]

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างพร้อมบริโภคโดยใช้ฟักทองสองสายพันธุ์ที่เพาะปลูกมากในพื้นที่อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี โดยศึกษาผลของระยะเวลาในการย่างและการลวกชิ้นฟักทองต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ เนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัสของฟักทองย่าง พร้อมทั้งศึกษาผลของการลวกต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคจากฟักทอง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพ และเพื่อเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากฟักทองซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่กำลังได้รับการสนับสนุนในจังหวัดลพบุรี

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

ฟักทองพันธุ์คางคก (Kang-Khok, KK) และพันธุ์ศรีเมือง (Sri-Muang, SM) ซื้อจากผู้ขายในตลาดเจริญทรัพย์ ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ซึ่งเพาะปลูกโดยเกษตรกรในพื้นที่ โดยเริ่มปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 80-90 วัน โดยเลือกซื้อฟักทองที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยมีน้ำหนักลูกละประมาณ 2.5-3.0 กิโลกรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25-30 เซนติเมตร และมีความหนาประมาณ 15-20 เซนติเมตร

2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

Potato dextrose agar (PDA) และ Plate count agar (PCA) (Himedia, ประเทศอินเดีย) และเปบโตน (peptone) (SRL, ประเทศอินเดีย)

2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

อุปกรณ์สำหรับเตรียมฟักทองย่าง ได้แก่ กระทะเคลือบสารกันติด (Meyer รุ่น Basic, ประเทศไทย) และเทอร์โมมิเตอร์ระบบอินฟราเรด (Etekcity รุ่น ET8750, ประเทศสหรัฐอเมริกา) เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์ค่าสี (HunterLab รุ่น FlexZ2, ประเทศสหรัฐอเมริกา) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems รุ่น TA.XT plus, สหราชอาณาจักร)

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

ล้างทำความสะอาดผลฟักทองด้วยน้ำประปา และขัดด้วยแปรงพลาสติกเพื่อล้างเศษดินออก จากนั้นซับน้ำบนผลฟักทองจนแห้ง ใช้มีดผ่าฟักทองออก หั่นเป็นชิ้นให้มีความยาวประมาณ 9.5 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร ความกว้าง (วัดจากด้านในผลถึงผิวด้านนอก) 2-4 เซนติเมตร

2.5 การศึกษากระบวนการเตรียมฟักทองย่าง

2.5.1 การศึกษาระยะเวลาในการย่างที่เหมาะสม

ตัวอย่างฟักทองย่างเตรียมโดยการทาชิ้นฟักทองสดด้วยน้ำมันรำข้าวในปริมาณที่เท่ากันลงบริเวณด้านกว้างของชิ้นฟักทองทั้งสองด้านซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับกระทะ จากนั้นวางชิ้นฟักทองลงบนกระทะที่มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 200 ± 5 องศาเซลเซียส และศึกษาระดับการย่างโดยกำหนดเวลาในการย่างในแต่ละด้านของชิ้นฟักทองเท่ากับ 3, 4 และ 5 นาที จากนั้นปล่อยให้ชิ้นฟักทองมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง (30 ± 1 องศาเซลเซียส) ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ เนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัส เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกตัวอย่างที่เหมาะสมเพียงตัวอย่างเดียวเพื่อใช้ในการศึกษาผลของการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดก่อนนำไปย่างต่อคุณภาพของฟักทองย่าง

2.5.2 การศึกษาผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนนำไปย่างต่อคุณภาพของชิ้นฟักทองย่าง

ผลของการลวกชิ้นฟักทองต่อคุณภาพของชิ้นฟักทองย่างศึกษาโดยการลวกชิ้นฟักทองสดในน้ำเดือดด้วยระยะเวลานาน 15 วินาที และ 5 นาที โดยดัดแปลงจากงานวิจัยของ Srimatakarn และคณะ [6] และ de Souza Silva และคณะ [9] ตามลำดับ จากนั้นนำชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกไปย่างโดยใช้กระบวนการเดียวกับการศึกษาระยะเวลาในการย่างที่เหมาะสม แต่ย่างด้วยระยะเวลาในการย่าง

ที่เหมาะสมที่สุดเพียงระดับเดียว เมื่อชิ้นฟักทองย่างมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง (30 ± 1 องศาเซลเซียส) จึงเก็บรักษาในถุงพอลิพอพิลีนภายใต้ภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ เนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์ถูกใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุดเพียงตัวอย่างเดียว เพื่อใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

2.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ

2.6.1 ค่าสี

ค่าสีของชิ้นฟักทองย่างวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE L* a* b* (HunterLab รุ่น FlexZ2) สำหรับชิ้นฟักทองย่างจะทำการวิเคราะห์เฉพาะส่วนเนื้อฟักทองที่ไม่เกิดรอยเกรียมเพื่อลดการเบี่ยงเบนของค่าสีที่วัดได้จากรอยเกรียมที่ไม่สม่ำเสมอ และคำนวณความแตกต่างของโดยรวม ΔE [10] ดังสมการที่ (1)

$$\Delta E = [(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2]^{0.5} \quad (1)$$

เมื่อ L^*_0, a^*_0, b^*_0 คือ ค่าสีของตัวอย่างควบคุม

2.6.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ

ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยบดตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนการวิเคราะห์

2.6.3 ความชื้น

วิธีวิเคราะห์ความชื้นใช้หลักการสูญเสียน้ำหนัก (gravimetric method) ของตัวอย่างจากการอบตัวอย่างด้วยความร้อนตามวิธีของ AOAC [11] วิธีการวิเคราะห์โดยย่อเริ่มจากการชั่งตัวอย่างหนัก 5 กรัม ในกระป๋องสำหรับวิเคราะห์ความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนัก ทำการอบซ้ำจนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักครั้งก่อนหน้า ร้อยละของความชื้นคำนวณได้โดยนำน้ำหนักที่หายไป (ความชื้น) หารด้วยน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น และคูณด้วย 100

2.7 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส

คุณภาพเนื้อสัมผัสของฟักทองย่างทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี texture profile analysis (TPA) ตามวิธีของ Murdia และ Wadhwani [12] โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer รุ่น TA.XT plus) ซึ่งมีโหลดเซลล์ขนาด 5 กิโลกรัม และควบคุมด้วยโปรแกรม XT.RA (Texture Technologies Corp., ประเทศสหรัฐอเมริกา) ใช้หัววัดเนื้อสัมผัสทรงกระบอกขนาด 5 มิลลิเมตร ความเร็วในการกด (crosshead speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วินาที และมีระยะกดผ่านตัวอย่างที่ร้อยละ 75 สำหรับการกดครั้งแรก

2.8 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่างประเมินด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคทั่วไปเป็นนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่เป็นผู้บริโภคอาหารพร้อมบริโภคที่ซื้อจากร้านสะดวกซื้ออย่างน้อย 3 ชิ้นต่อสัปดาห์ และเป็นผู้ไม่ปฏิเสธการรับประทานผัก ทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยการให้คะแนนจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) [13] การประเมินใช้ฟักทองย่างทั้งชิ้นจำนวน 1 ชิ้น อุ่นให้ร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 15 วินาที ด้วยกำลังไฟ 800 วัตต์ วางชิ้นฟักทองย่างในจานที่ระบุรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัวแบบสุ่ม และเสิร์ฟให้กับผู้ชิมร่วมกับน้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้อง

2.9 การประเมินอายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างใช้วิธีการประเมินจากคุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางจุลชีววิทยาโดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารด้วยวิธี pour plate [14] และวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราด้วยวิธี pour plate [15]

2.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS® version 12 (SPSS Inc., สหรัฐอเมริกา) และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการวิจัย

3.1 ระยะเวลาในการย่างฟักทองที่เหมาะสม

3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่าง

จาก Figure 1(A) แสดงลักษณะทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์คางคก (KK) ที่ย่างนาน 3 (KK3), 4 (KK4) และ 5 (KK5) นาที และ Figure 1(B) แสดงลักษณะทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองพันธุ์ศรีเมือง (SM) ที่ย่างนาน 3 (SM3), 4 (SM4) และ 5 (SM5) นาที จากภาพพบว่าการย่างด้วยระยะเวลา 3, 4, และ 5 นาที ส่งผลต่อการเกิดรอยเกรียมบนผิวของชิ้นฟักทองที่แตกต่างกัน

3.1.2 คุณภาพทางเคมีกายภาพของชิ้นฟักทองย่าง

คุณภาพทางกายภาพของชิ้นฟักทองย่างใน Table 1 แสดงให้เห็นว่าฟักทองย่างทุกตัวอย่างมีความชื้นสูงอย่างชัดเจนฟักทองสด เนื่องจากสูญเสียปริมาณน้ำจากการย่างด้วยความร้อนสูง

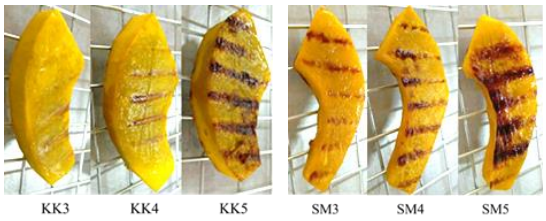

Figure 1 Grilled pumpkin from Kang-Khok (KK) (A) and Sri-Muang (SM) (B) at 3, 4, and 5 min grill time.

และมีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ยกเว้น SM5 ที่มีค่าความชื้นต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามชิ้นฟักทองย่างทุกตัวอย่างมีความชื้นต่ำกว่าชิ้น

Table 1 Physico-chemical properties of the grilled pumpkins from KK and SM cultivars

Grilled pumpkin	Grill time (min)	Physico-chemical property				
		Moisture (%)	a_w ^{ns}	Color parameter		
				L*	a*^{ns}	b*^{ns}
KK0	0	84.7^{a} ± 0.2	0.961 ± 0.003	63.3^{a} ± 1.1	5.1 ± 0.3	55.8 ± 0.9
KK3	3	80.9^{b} ± 1.8	0.968 ±0.004	49.2^{b} ± 5.8	7.4 ± 1.5	52.5 ± 6.6
KK4	4	79.3^{b} ± 1.2	0.953 ± 0.014	46.3^{b} ± 2.3	7.4 ± 1.2	46.7 ± 7.4
KK5	5	77.3^{b} ± 3.1	0.981 ± 0.002	51.2^{b} ± 2.7	6.6 ± 0.5	50.9 ± 3.9
SM0	0	83.4^{a} ± 0.2	0.965 ± 0.008	60.6^{a} ± 2.4	8.3 ± 1.0	57.4 ± 1.0
SM3	3	76.2^{b} ± 0.4	0.983 ± 0.002	47.1^{b} ± 0.3	8.1 ± 1.2	49.5 ± 2.6
SM4	4	74.9^{bc} ± 0.8	0.989 ± 0.004	46.0^{b} ± 2.6	8.9 ± 1.0	49.1 ± 4.1
SM5	5	70.2^{c} ± 1.2	0.988 ± 0.001	44.9^{b} ± 0.9	9.0 ± 2.5	47.6 ± 1.9

Mean ± standard deviation with different letters within the same column are significantly different at p<0.05.

ns (not significant) = mean ± standard deviation within the same column are insignificantly different at p>0.05.

ค่า a_w ใน Table 1 แสดงให้เห็นว่าฟักทองย่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย เนื่องจากมีปริมาณน้ำอิสระสูง [16] โดยฟักทองสดและฟักทองย่างทุกตัวอย่างมีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.953-0.989

ผลการวิเคราะห์ค่าสีใน Table 1 แสดงให้เห็นว่าค่าสี L* และ b* เป็นค่าสีสำคัญที่แสดงถึงสีของชิ้นฟักทอง เนื่องจากมีค่าเป็นบวกมาก ค่า b* ที่มีค่าบวกมากบ่งบอกว่าเนื้อของฟักทองทั้งสองพันธุ์มีสีอยู่ในโทนสีเหลือง และค่า L* ที่มีค่าเป็นบวกมากบ่งบอกถึงความสว่างของโทนสีของชิ้นฟักทอง ซึ่งสอดคล้องกับสีของชิ้นฟักทองที่มีสีอยู่ในโทนสีเหลืองที่ค่อนข้างสว่างดังแสดงใน Figure 1 จากค่าสี L*, a* และ b* ใน Table 1 ของ KK0 และ SM0 ที่มีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แสดงให้เห็นฟักทองทั้งสองสายพันธุ์มีสีเหลืองที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการย่างส่งผลให้ชิ้นฟักทองมีความสว่างของโทนสีลดลง เนื่องจากตัวอย่างฟักทองย่างทุกตัวอย่างมีค่าสี L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นฟักทองก่อนการย่าง แต่การย่างด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน ไม่ทำให้ค่าสี L* ของชิ้นฟักทองย่างจากฟักทองทั้งสองสายพันธุ์เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ในการทดลองนี้พบว่าการย่างด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* และ b* ของชิ้นฟักทองย่าง ซึ่งต่างจากรายงานของ Simantara และ

คณะ [17] และ Srimatakarn และคณะ [6] ที่พบว่าการให้ความร้อนกับฟักทองโดยการนึ่งด้วยไอน้ำและการใช้พลังงานไมโครเวฟส่งผลต่อการลดลงของค่าสี L* และ b* เฉลี่ยร้อยละ 7-35 และ 4-35 ตามลำดับ แต่ในงานวิจัยนี้พบว่าฟักทองสดและฟักทองย่างทุกตัวอย่างมีค่าสี b* ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดการแปรผลผิดพลาดได้ว่าการย่างไม่ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในชิ้นฟักทองลดลง แต่จากข้อเท็จจริงที่แคโรทีนอยด์เสียสภาพได้ทั้งจากความร้อนและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับออกซิเจนในอากาศ [18] ดังนั้นการย่างด้วยความร้อนสูงถึงประมาณ 200 องศาเซลเซียส ย่อมส่งผลต่อการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ที่บริเวณผิวของชิ้นฟักทองได้ แต่สาเหตุที่ค่า b* ของตัวอย่างฟักทองทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอาจเป็นผลกระทบจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning) ทั้งจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และปฏิกิริยาการเกิดคาลาเมล (caramelization) เนื่องจากฟักทองมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 8.3 องศาบริกซ์ [6] และมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 7.8 [7] แสดงให้เห็นว่าฟักทองมีองค์ประกอบของน้ำตาลและกรดอะมิโน ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้สนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีตาลได้ ซึ่งสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่แสดงได้ด้วยค่าสี b* ส่งผลให้ค่าสี b* ของชิ้นฟักทองย่างทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากค่าสี b* ของชิ้นฟักทองสด

Table 2 Textural properties of the grilled pumpkins from KK and SM cultivars

Grilled pumpkin	Textural property				
	Hardness (g)	Adhesiveness (g.sec)	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
KK3	2,999^{b} ± 381	-65^{a} ± 12	0.191^{a} ± 0.017	363^{a} ± 55	362^{a} ± 31
KK4	1,750^{c} ± 233	-42^{a} ± 12	0.178^{a} ± 0.027	320^{ab} ± 38	253^{b} ± 65
KK5	910^{d} ± 146	-45^{a} ± 8	0.123^{b} ± 0.019	249^{b} ± 50	216^{bc} ± 25
SM3	3,819^{a} ± 605	-107^{b} ± 56	0.134^{b} ± 0.026	273^{b} ± 96	181^{c} ± 50
SM4	1,724^{c} ± 544	-62^{a} ± 15	0.125^{b} ± 0.018	134^{c} ± 21	128^{d} ± 21
SM5	752^{d} ± 101	-50^{a} ± 7	0.124^{b} ± 0.014	139^{c} ± 21	126^{d} ± 15

Mean ± standard deviation with different letters within the same column are significantly different at $p<0.05$.

3.1.3 คุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่าง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสใน Table 2 แสดงให้เห็นว่าการย่างด้วยเวลานานขึ้นมีผลทำให้ฟักทอง KK และ SM มีค่าความแข็ง (hardness) ลดลงเป็นลำดับ ทั้งนี้ค่าความแข็งแสดงแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดด้วยหัววัดเนื้อสัมผัส หรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก [19] ซึ่งความแข็งที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากส่วนของแป้งในชิ้นฟักทองเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเจลที่นุ่มขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดเจลของแป้งและน้ำ (gelatinization) [20] และเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น แป้งในชิ้นฟักทองย่างจึงเกิดเป็นเจลมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งของชิ้นฟักทองย่างลดลง Ratnayake, Hurst, และ Melton [20] รายงานว่า สคอว์ช (squash) ซึ่งเป็นพืชในสกุลเดียวกับฟักทอง เมื่อผ่านการทำให้สุกแล้วจะมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 612-1,631 กรัม ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับค่าความแข็งของ KK4, KK5, SM4 และ SM5

ค่าการเกาะติด (adhesiveness) คือ งาน (work) ที่ต้องใช้ในการดึงหัววัดเนื้อสัมผัสออกจากตัวอย่าง หรือเทียบได้กับความเหนียวของตัวอย่าง และค่าการเกาะติดที่มีค่าเป็นลบมากหมายถึงต้องใช้แรงดึงหัววัดออกจากตัวอย่างมาก แสดงถึงตัวอย่างมีความเหนียวมาก เปรียบได้กับตัวอย่างที่เกาะติดฟันมากหลังจากการเคี้ยว [7] จากการทดลองพบว่าฟักทองย่าง KK3, KK4, KK5, SM4 และ SM5 มีค่าการเกาะติดใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง -42 ถึง -65 กรัม.วินาที (Table 2) ในขณะที่ฟักทองย่าง SM3 ที่มีค่าการเกาะติดต่ำกว่าชิ้นฟักทองย่างตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งค่าการเกาะติดที่มีค่าเป็นลบมาก หมายความว่าตัวอย่างมีความเหนียวมากก่อให้เกิดการเกาะติดกับหัววัดเนื้อสัมผัส อย่างไรก็ตามค่าการเกาะติดที่สูงของ SM3 กลับมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 56 ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 52 ของค่าเฉลี่ย (-107 กรัม.วินาที) แสดงให้เห็นว่าตัวอย่าง

SM3 มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันมากในแต่ละจุดของชิ้นฟักทองย่าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการย่างฟักทอง SM ด้วยเวลา 3 นาที ไม่สามารถทำให้ชิ้นฟักทองสุกได้ทั่วทั้งชิ้น ซึ่งข้อสันนิษฐานนี้สนับสนุนด้วยค่าการเกาะติดของ KK4, KK5, SM4 และ SM5 ที่มีค่าไม่แตกต่างกัน (p<0.05) และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าต่ำ เนื่องจากผ่านการย่างด้วยเวลาที่นานกว่า ส่งผลให้ชิ้นฟักทองสุกทั่วทั้งชิ้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ García-Segovia และคณะ [21] ที่แสดงให้เห็นว่ามันหวาน (sweet potato) ซึ่งเป็นพืชที่มีปริมาณแป้งสูงเช่นเดียวกับฟักทอง เมื่อถูกทำให้สุกทั่วทั้งชิ้นแล้ว พบว่ามีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

สมบัติการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร (cohesiveness) แสดงถึงความสามารถขององค์ประกอบในเนื้ออาหารในการต้านการเสียสภาพจากการกดครั้งที่สอง [22] จากผลการทดลองใน Table 2 พบว่าค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ KK3 และ KK4 มีค่าสูงที่สุดและมีค่าลดลงในตัวอย่าง KK5 ในขณะที่ค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ SM3, SM4 และ SM5 มีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) โดยค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ SM3 มีแนวโน้มสูงกว่าค่าของ SM4 และ SM5 ที่มีค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ซึ่งผลจากการทดลองนี้ สอดคล้องกับผลทดลองจากงานวิจัยของ García-Segovia และคณะ [21] ที่พบว่าค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของมันหวานที่ผ่านการทำให้สุกด้วยความร้อนระดับต่าง ๆ กันจะมีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05)

ค่าการแตกตัวพร้อมกลืน (gumminess) คำนวณได้จากการคูณค่าความแข็งด้วยค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร (hardness × cohesiveness) แสดงถึงพลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งแข็ง ซึ่งมีค่าความแข็งน้อยแต่มีพลังงานยึดเกาะกันภายในสูง แตกออกจนสามารถกลืนได้ โดยพบว่าค่าการแตกตัวพร้อมกลืนมีแนวโน้มลดลงเมื่อย่างฟักทองด้วยเวลานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งที่ลดลง เช่นเดียวกับงานผลการทดลองของ Ratnayake, Hurst และ Melton [20] ที่พบว่าสคอว์ซสายพันธุ์ต่างกันเมื่อผ่านการทำให้สุกแล้วจะมีค่าการแตกตัวออกพร้อมกลืนอยู่ในช่วง 306-1,224 กรัม ซึ่งมีแนวโน้มลดลงและมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความแข็ง

ค่าความเคี้ยวได้ (chewiness) คำนวณได้จากการคูณค่าการแตกตัวพร้อมกลืนด้วยค่าความยืดหยุ่น (gumminess × springiness) [21] เมื่อเปรียบเทียบค่าความเคี้ยวได้ของฟักทองพันธุ์เดียวกันดังแสดงใน Table 2 พบว่าค่าความเคี้ยวได้ของ KK3 มีค่าสูงกว่าค่าความเคี้ยวได้ของ KK4 และ KK5 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับฟักทองพันธุ์ศรีเมือง พบว่ามีค่าความเคี้ยวได้ของ SM3 มีค่าสูงกว่าค่าความเคี้ยวได้ของ SM4 และ SM5 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันเช่นกัน ซึ่งค่าความเคี้ยวได้จะมีแนวโน้มลดลงตามความแข็งของตัวอย่าง [12], [21] ค่าความเคี้ยวได้ที่ลดลงอาจกล่าวได้ว่าตัวอย่างอาหารมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น ส่งผลให้ใช้พลังงานน้อยลงในการเคี้ยวเพื่อแยกอาหารออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ

Table 3 Sensory properties of the grilled pumpkin from KK and SM cultivars

Grilled pumpkin	Sensory attribute				
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance
KK3	4.2^{c} ± 0.7	4.3^{b} ± 0.7	4.3^{b} ± 0.8	4.3^{b} ± 0.9	4.3^{b} ± 0.9
KK4	7.0^{b} ± 0.9	7.1^{a} ± 0.8	7.1^{a} ± 0.9	7.2^{a} ± 0.9	7.3^{a} ± 1.0
KK5	7.2^{ab} ± 0.9	7.1^{a} ± 0.8	7.0^{a} ± 0.9	7.0^{a} ± 0.8	7.1^{a} ± 0.8
SM3	4.4^{c} ± 0.9	4.5^{b} ± 0.9	4.5^{b} ± 0.9	4.3^{b} ± 1.0	4.4^{b} ± 0.9
SM4	7.5^{a} ± 0.8	7.5^{a} ± 0.9	7.3^{a} ± 0.9	7.4^{a} ± 1.0	7.5^{a} ± 0.9
SM5	7.2^{ab} ± 0.6	7.2^{a} ± 0.6	7.1^{a} ± 0.6	7.1^{a} ± 0.6	7.2^{a} ± 0.7

Mean ± standard deviation with different letters within the same column are significantly different at p<0.05.

3.1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่าง

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของฟักทองย่างใน Table 3 แสดงให้เห็นว่าฟักทองย่างจากฟักทองทั้งสองสายพันธุ์ที่ย่างนาน 4 และ 5 นาที ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าการย่างด้วยเวลา 3 นาที ในทั้ง 5 คุณลักษณะ โดย KK4 และ KK5 มีคะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 7.0-7.3 ซึ่งอยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” ในขณะที่ SM4 และ SM5 ได้รับคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะเดียวกันนี้อยู่ในช่วง 7.1-7.5 ซึ่งอยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” เช่นกัน แต่ฟักทองย่าง SM4 ได้รับคะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏสูงกว่า KK4 อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างกับ SM5 และ KK5 อย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ เนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัส การทดลองนี้เลือกฟักทองย่าง SM4 เป็นตัวอย่างฟักทองย่างที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้เป็นตัวอย่างต้นแบบในการศึกษาผลของการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดต่อคุณภาพของชิ้นฟักทองย่าง เนื่องจาก SM4 มีคุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และค่า a_w ไม่แตกต่างจากตัวอย่างฟักทองย่างทุกตัวอย่าง โดยที่ค่าความชื้นไม่ใช่ปัจจัยสำคัญต่อการคัดเลือกตัวอย่างที่เหมาะสม เนื่องฟักทองย่างทุกตัวอย่างมีค่าความชื้นที่สูง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้ฟักทองย่างทุกตัวอย่างเกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ไม่แตกต่างกัน ค่าความแข็งเป็นปัจจัยสำคัญที่แสดงผลของระยะเวลาในการย่างต่อคุณภาพของฟักทองย่างได้อย่างชัดเจน โดยที่ KK3 และ SM3 มีค่าความแข็งสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับความชอบของผู้บริโภค ดังนั้น KK3 และ SM3 จึงไม่ถูกเลือก ค่าความแข็งของ KK4 และ SM4 มีค่าต่างจากค่าความแข็งของ KK5 และ SM5 อย่างมีนัยสำคัญ แต่ทั้ง 4 ตัวอย่างนี้ได้รับคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ทั้ง 4 ตัวอย่างยังมีคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมที่ไม่แตกต่างกันอีกด้วย แต่เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏพบว่า SM4 ได้รับค่าคะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏสูงกว่า KK4 อย่างมีนัยสำคัญ และมีแนวโน้มได้รับคะแนนในด้านนี้สูงกว่า KK5 และ SM5 ด้วย ดังนั้น SM4 จึงถูกเลือกให้เป็นตัวอย่างที่เหมาะที่สุดเพื่อใช้เป็นตัวอย่างฟักทองย่างต้นแบบเพื่อศึกษาผลของการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดก่อนการย่างต่อคุณภาพของชิ้นฟักทองย่าง

Table 4 Physico-chemical properties of the grilled SM pumpkin with different degree of blanching

Grilled pumpkin	Physico-chemical property				
	a_w ^{ns}	Color parameter			
		L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}	ΔE^{ns}
SM4-0s	0.9866 ± 0.0006	44.2 ± 0.9	8.6 ± 0.1	45.6 ± 0.1	-
SM4-15s	0.9837 ± 0.0033	39.6 ± 2.7	9.6 ± 1.2	41.6 ± 2.3	6.4 ± 3.1
SM4-5m	0.9840 ± 0.0016	42.4 ± 2.0	9.5 ± 1.9	45.0 ± 1.4	3.0 ± 2.3

^{ns} (not significant) = mean ± standard deviation within the same column are insignificantly different at $p>0.05$.

ΔE values were calculated by using the color parameters of SM4-0s as control values (L^*_0, a^*_0, b^*_0).

3.2 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพของชิ้นฟักทองย่าง

3.2.1 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของชิ้นฟักทองย่าง

คุณภาพทางเคมีกายภาพของฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดด้วยเวลานาน 15 วินาที (SM4-15s) และ 5 นาที (SM4-5m) ใน Table 4 แสดงโดยการเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวก SM4-0s โดยพบว่าฟักทองย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่า a_w สูง ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ค่าสี L* และ b* ของฟักทองย่าง SM4-15s และ SM4-5m มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของ SM4-0s แต่อย่างไรก็ตาม ค่าสี L*, b* และ a* ของฟักทองย่างทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) สอดคล้องกับค่า ΔE (Table 4) ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งค่าสีของฟักทองย่างได้รับผลกระทบจากการย่างเป็นสาเหตุหลัก แต่ก็มีรายงานว่าการ

ลวกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของฟักทองเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ฟักทอง อุณหภูมิของน้ำ และระยะเวลาในการลวก โดยการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 30 วินาที [6] หรือในน้ำอุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที [9] ล้วนทำให้ค่าสี L*, a* และ b* ของฟักทองลดลง ในขณะที่การลวกในน้ำอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที [10] ไม่ทำให้ค่าสี L* และ a* เปลี่ยนแปลง แต่มีผลทำให้ค่าสี b* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องมาจากการสูญเสียแคโรทีนอยด์ในฟักทองจากอุณหภูมิสูง [23]

Table 5 Textural properties of the grilled SM pumpkin with different degree of blanching

Grilled pumpkin	Textural property				
	Hardness (g)	Adhesiveness (g.sec)	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
SM4-0s	1,529^{a} ± 264	-60^{b} ± 8	0.107^{a} ± 0.015	139^{a} ± 26	144^{a} ± 23
SM4-15s	1,481^{a} ± 150	-36^{a} ± 7	0.108^{a} ± 0.005	118^{a} ± 16	104^{b} ± 13
SM4-5m	604^{b} ± 43	-34^{a} ± 3	0.077^{b} ± 0.007	71^{b} ± 6	65^{c} ± 7

Mean ± standard deviation with different letters within the same column are significantly different at $p<0.05$.

3.2.2 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่าง

คุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกด้วยระยะเวลาต่างกันใน Table 5 แสดงโดยเปรียบเทียบกับชิ้นฟักทองย่างที่ไม่ผ่านการลวก SM4-0s โดยพบว่าการลวกด้วยระยะเวลานานมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างมากกว่าการลวกด้วยระยะเวลาที่สั้นกว่า สังเกตได้จากค่าความแข็งของ SM4-0s และ SM4-15s ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก SM4-15s ใช้เวลาในการลวกสั้นเพียง 15 วินาที ทำให้ความร้อนยังแพร่เข้าไปไม่ถึงด้านในเนื้อฟักทอง ซึ่งตรงกันข้ามกับการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 5 นาที ที่มีผลอย่างมากต่อความแข็งของชิ้นฟักทองย่าง โดยทำให้ฟักทองย่าง SM4-5m มีค่าความแข็งต่ำกว่าค่าความแข็งของชิ้นฟักทอง SM4-0s และ SM4-15s ถึงประมาณ 2.5 เท่า ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ de Souza Silva และคณะ [9] ที่พบว่าการลวกฟักทองในน้ำอุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีผลทำให้ความแข็งลดลงร้อยละ 86-90 ในหน่วยนิวตัน

ค่าการเกาะติดของ SM4-15s และ SM4-5m มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการเกาะติดของ SM4-0s โดยค่าการเกาะติดที่ลดลงอาจเนื่องมาจากฟักทองเป็นพืชที่มีสัดส่วนสตาร์ช (starch) ชนิดอะไมโลเพกติน (amylopectin) ในสัดส่วนที่สูงประมาณร้อยละ 77-87 โดยน้ำหนักของสตาร์ชทั้งหมด [24] ซึ่งอะไมโลเพกตินมีโครงสร้างแบบกิ่งก้านและมีความเหนียวเมื่อเกิดเป็นเจล การลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดเป็นการกำจัดอะไมโลเพกตินที่ผิวของชิ้นฟักทอง ส่งผลให้ค่าการเกาะติดของชิ้นฟักทองย่าง SM4-15s และ SM4-5m ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [25] ที่พบว่าการล้างข้าวด้วยน้ำร้อนมีผลทำให้ความเหนียวของเมล็ดข้าวลดลงร้อยละ 65-86

ค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารของ SM4-0s และ SM4-15s มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การลวกในน้ำเดือดด้วยเวลานาน 5 นาที ทำให้ค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหารของ SM4-5m ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากแป้งทั้งหมดในชิ้นฟักทองเกิดเป็นเจลด้วยความร้อนและน้ำ [21] และการสูญเสียสตาร์ชไปกับน้ำในขั้นตอนการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลานาน [25]

ค่าการแตกตัวพร้อมกลืนและความเคี้ยวได้ของฟักทองย่างฟักทอง SM4-5m (Table 5) มีค่าต่ำกว่า SM4-0s และ SM4-15s ที่มีค่าการแตกตัวพร้อมกลืนและค่าความเคี้ยวได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งค่าการแตกตัวพร้อมกลืนและค่าความเคี้ยวได้ของฟักทองย่างที่ลดลงในการทดลองนี้มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความแข็ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li และคณะ [25] ซึ่งสรุปว่าเกิดจากการที่สตาร์ชเกิดเป็นเจลมากขึ้นจึงช่วยให้เคี้ยวและกลืนง่ายขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสแสดงให้เห็นว่าการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 วินาที ก่อนนำไปย่างไม่ส่งผลต่อความแข็ง การยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารและค่าการแตกตัวพร้อมกลืนเมื่อเปรียบเทียบกับฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวก แต่มีค่าการเกาะติดและความเคี้ยวได้ลดลง ในขณะที่การลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน

5 นาที ส่งผลให้ฟักทองมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มกว่า SM4-0s เป็นอย่างมาก เนื้อฟักทองแตกออกจากกันได้ง่าย สอดคล้องกับค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะภายในเนื้ออาหาร ค่าการแตกตัวพร้อมกลืน และค่าความเคี้ยวได้ที่มีค่าต่ำ

Table 6 Sensory properties of the grilled pumpkin from KK and SM cultivars

Grilled pumpkin	Sensory attribute				
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance
SM4-0s	$7.0^{ab} \pm 0.9$	$7.1^{b} \pm 0.8$	$7.1^{a} \pm 0.9$	$7.2^{b} \pm 0.9$	$7.3^{b} \pm 1.0$
SM4-15s	$7.5^{a} \pm 1.1$	$7.9^{a} \pm 0.6$	$7.5^{a} \pm 0.6$	$7.9^{a} \pm 0.7$	$8.0^{a} \pm 0.7$
SM4-5m	$7.0^{ab} \pm 1.3$	$6.7^{bc} \pm 1.2$	$6.2^{b} \pm 1.5$	$5.9^{c} \pm 1.5$	$6.5^{c} \pm 1.0$

Mean ± standard deviation with different letters within the same column are significantly different at $p<0.05$.

3.2.3 ผลของการลวกชิ้นฟักทองก่อนการย่างต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่าง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นฟักทองย่างใน Table 6 แสดงให้เห็นว่า SM4-15s ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.5-8.0 ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดย SM4-15s มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและรสชาติเท่ากับ SM4-0s แต่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่า ($p<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง SM4-15s และ SM4-5m พบว่า SM4-15s ได้รับคะแนนความชอบในด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงกว่า SM4-5m อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ฟักทองย่าง SM4-5m ยังได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 5.9 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพเนื้อสัมผัสของ SM4-5m ใน Table 5 ที่แสดงให้เห็นว่า SM4-5m มีค่าความแข็ง การยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร การแตกตัวพร้อมกลืน และความเคี้ยวได้ต่ำที่สุด ซึ่งอาจแปลความหมายได้ว่าชิ้นฟักทองย่าง SM4-5m ถูกทำให้สุกมากเกินไป และเป็นระดับที่ไม่สอดคล้องกับความชอบของผู้บริโภค

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ คุณภาพเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส SM4-15s ถูกเลือกเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้เป็นตัวอย่างฟักทองย่างต้นแบบเพื่อศึกษาผลของการลวกต่ออายุการเก็บรักษาของฟักทองย่าง ถึงแม้ฟักทองย่าง SM4-15s และ SM4-5m มีคุณภาพทางเคมีกายภาพที่ไม่แตกต่างกัน แต่ SM4-15s มีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร ค่าการแตกตัวพร้อมกลืน และค่าความเคี้ยวได้ ที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม SM4-0s ในขณะที่ SM4-5m ที่มีค่าความแข็งต่ำกว่า SM4-0s อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคชอบน้อยกว่า SM4-15s นอกจากนี้ SM4-15s ยังได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคสูงกว่า SM4-5m ในเกือบทุกด้าน ยกเว้นคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏที่ไม่แตกต่างกัน

3.3 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่าง

3.3.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพของชิ้นฟักทองย่างระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษาชิ้นฟักทองย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพดังแสดงใน Table 7 โดยพบว่าฟักทองย่าง SM4-0s และ SM4-15s มีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า a_w ที่อยู่ในช่วง 0.9838-0.9866 แสดงให้เห็นว่าชิ้นฟักทองย่างทั้งสองตัวอย่างเกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย เนื่องจากมีปริมาณน้ำอิสระสูง [16]

ค่า ΔE ที่ใน Table 7 แสดงให้เห็นว่าฟักทองย่างเกือบทุกตัวอย่างมีค่าสีที่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ทั้งนี้ยกเว้นฟักทองย่าง SM4-15s ที่เก็บรักษานาน 1 วันเพียงตัวอย่างเดียวที่มีสีแตกต่างจากฟักทองย่าง SM4-0s อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าสี L* และ b* ซึ่งเป็นค่าสีสำคัญที่แสดงลักษณะสีของชิ้นฟักทอง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

ค่าสี L* ของ SM4-0s ก่อนการเก็บรักษา (วันที่ 0) มีค่าต่ำที่สุด จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 1 ของการเก็บ

รักษา และมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ต่อมามีค่าลดลงในวันที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา สำหรับค่าสี b* ของ SM4-0s ที่เก็บรักษานาน 1-4 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) แต่สูงกว่าตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

จากค่าสีของ SM4-15s ใน Table 7 พบว่าค่าสี L* ของ SM4-15s ที่เก็บรักษานาน 1-4 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มมีค่าสูงกว่าค่าสี L* ของตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา สำหรับค่าสี b* ของฟักทองย่าง SM4-15s มีค่าสูงกว่าตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาอย่างไม่มีนัยสำคัญหลังจากการเก็บรักษานาน 1 วัน หลังจากการเก็บรักษานาน 2 วัน พบว่า SM4-15s มีค่าสี b* เพิ่มสูงขึ้นอีก และมีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้นอีกเมื่อเก็บรักษานาน 3-4 วัน แต่ค่า b* ที่เพิ่มขึ้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Zhou และคณะ [10] รายงานการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของชิ้นฟักทองที่ลวกด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน โดยพบว่าค่าสี L* ของชิ้นฟักทองลวกมีค่าลดลง แต่มีค่าสี a* เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสี b* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากการเก็บรักษานาน 7 วัน ในการทดลองนี้ค่าสี L* และ b* ของชิ้นฟักทองย่างทั้งสองตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า L* อาจเป็นผลมาจากปรากฏการณ์ซินเนอเรซีส (syneresis) จากการที่อะไมโลเพกตินที่มีมากในฟักทองกลับมารวมตัวกันเป็นโครงสร้างผลึกก่อให้เกิดการผลักโมเลกุลของน้ำและอะไมโลสออกจากโครงสร้างผลึกมาอยู่ที่ผิวของชิ้นฟักทองย่างส่งผลให้ผิวหน้าของชิ้นฟักทองมีความเงา ซึ่งทำให้เกิดการหักเหและการสะท้อนของแสง [26] ส่งผลให้ค่า L* มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสี b* ที่เพิ่มขึ้นอาจได้รับผลกระทบจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

Table 7 Physico-chemical properties of the grilled pumpkin during the storage at 4 oC

Storage time (day)	a_w ns	Color parameter			
		L*	a*	b*	ΔE
SM4-0s					
0	0.9866 ± 0.0006	44.2^{cde} ± 0.9	8.6^{bc} ± 0.1	45.6^{bc} ± 0.1	-
1	0.9838 ± 0.0002	50.5^{ab} ± 2.5	10.5^{ab} ± 2.4	54.8^{a} ± 6.1	11.3^{ab} ± 6.7
2	0.9855 ± 0.0016	55.1^{a} ± 0.8	8.6^{bc} ± 0.6	55.5^{a} ± 1.3	14.8^{a} ± 1.5
3	0.9847 ± 0.0026	49.8^{b} ± 0.3	11.3^{ab} ± 1.6	58.6^{a} ± 1.5	14.4^{a} ± 1.8
4	0.9861 ± 0.0029	48.7^{bc} ± 1.0	6.3^{c} ± 0.8	59.4^{a} ± 0.6	14.7^{a} ± 0.8
SM4-15s					
0	0.9837 ± 0.0033	39.6^{e} ± 2.7	9.6^{ab} ± 1.2	41.5^{c} ± 2.3	6.4^{abc} ± 3.1
1	0.9842 ± 0.0030	42.0^{de} ± 3.8	10.1^{ab} ± 0.4	44.0^{bc} ± 1.3	3.8^{bc} ± 2.6
2	0.9843 ± 0.0001	46.5^{bcd} ± 3.2	11.8^{a} ± 1.8	52.1^{ab} ± 5.6	7.7^{abc} ± 6.4
3	0.9842 ± 0.0007	48.0^{bc} ± 3.2	9.3^{abc} ± 1.1	55.0^{a} ± 7.3	10.2^{abc} ± 7.8
4	0.9865 ± 0.0084	47.3^{bcd} ± 0.2	8.7^{bc} ± 0.6	55.3^{ab} ± 4.5	10.2^{abc} ± 4.2

Mean ± standard deviation with different letters within the same column are significantly different at p<0.05. ΔE values were calculated by using the color parameters of SM4-0s at day zero as control values (L^*_0, a^*_0, b^*_0).

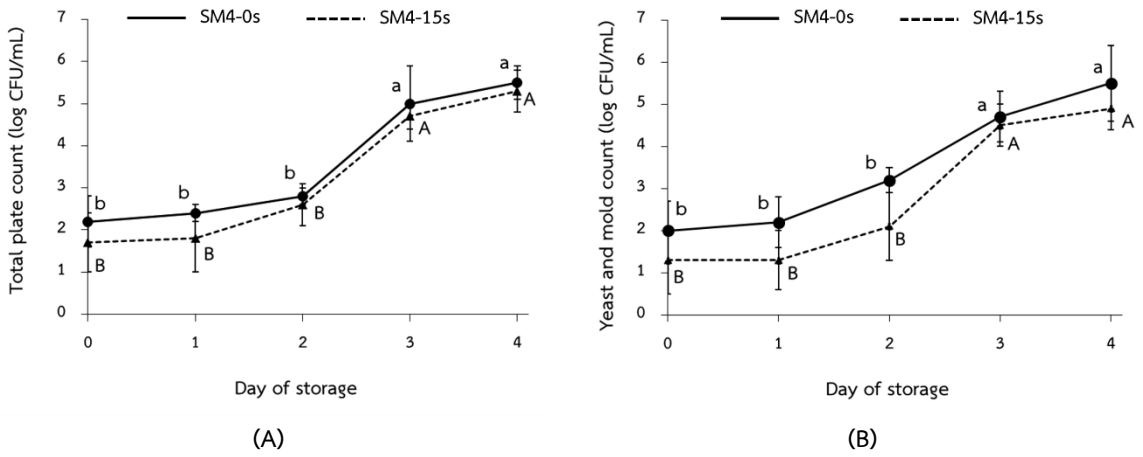

Figure 2 Effect of boiling-water blanching on (A) total plate count and (B) yeast and mold count of grilled pumpkin during 4 days of storage at 4 ± 0.5 oC. Means with the same letters (lowercase: without blanching treatment; uppercase: with the blanching treatment) are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p>0.05$).

3.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของชิ้นฟักทองย่างระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างดังแสดงใน Figure 2 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการลวกชิ้นฟักทองก่อนนำไปย่างสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์บนชิ้นฟักทองได้ โดยที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของ SM4-15s ก่อนการเก็บรักษามีค่าต่ำกว่าของ SM4-0s ที่ไม่ผ่านการลวก

หลังจากการเก็บรักษาชิ้นฟักทองย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราใน SM4-0s และ SM4-15s มีค่าสูงกว่าตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของ SM4-15s มีแนวโน้มต่ำกว่าใน SM4-0s จากนั้นในวันที่ 4 และ 5 ของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในทุกตัวอย่างมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของทั้งสองตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภค ตามประกาศของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ [27] โดยต้องตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่มากกว่า 7.0 log CFU/mL อย่างไรก็ตามการลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 15 วินาที แสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์บนชิ้นฟักทองย่างได้มีประสิทธิภาพมากกว่าการย่างเพียงอย่างเดียว

สาเหตุที่ทำให้ชิ้นฟักทองมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นเนื่องมาจากฟักทองย่างมีปริมาณน้ำอิสระสูง ประกอบกับฟักทองเป็นแหล่งของสารอาหารที่สมบูรณ์ ช่วยให้จุลินทรีย์เจริญได้อย่างรวดเร็ว จากรายงานของ Zhou และคณะ [10] พบว่าฟักทองที่ลวกด้วยน้ำอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 3.8 log CFU/mL และเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 3.9 log CFU/mL หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม การลวกด้วยระยะเวลานานอาจไม่เหมาะสมต่อการเตรียมฟักทองย่างพร้อมบริโภค เนื่องจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการลวกด้วยเวลานานส่งผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของชิ้นฟักทองและความชอบของผู้บริโภค

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างที่เหมาะสมได้จากฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่ย่างนาน 4 นาที เนื่องจากมีคุณภาพทางเคมีกายภาพ และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากฟักทองพันธุ์คางคก แต่ได้มีแนวโน้มคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่า การลวกชิ้นฟักทองในน้ำเดือดนาน 15 วินาที ไม่ส่งผลต่อคุณภาพที่สำคัญของชิ้นฟักทองย่างเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นฟักทองไม่ผ่านการลวก นอกจากนี้การลวกยังไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางเคมีกายภาพของชิ้นฟักทองย่างตลอดอายุการเก็บรักษานาน 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยิ่งไปกว่านั้นการลวก

ชิ้นฟักทองก่อนนำไปย่างช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นบนชิ้นฟักทองได้ ส่งผลให้ชิ้นฟักทองย่างมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าชิ้นฟักทองย่างจากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวกก่อนนำไปย่างในตลอดอายุการเก็บรักษานาน 4 วัน อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ฟักทองย่างจากงานวิจัยนี้ยังมีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น ดังนั้นจึงอาจมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เช่น การนึ่งฆ่าเชื้อ หรือการศึกษาการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง และประเมินอายุการเก็บรักษาด้วยวิธี Q-10 หรือวิธีทางกลศาสตร์ ซึ่งอาจได้รับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อทั้งทางด้านการค้าและวงการวิชาการ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีผ่านสถาบันวิจัยและพัฒนาประจำปีงบประมาณ 2562

6. เอกสารอ้างอิง

[1] The Public Relations Department of Lopburi Province. 2018. **Find the pumpkin festival: souvenir of Pattana Nikom**. http://pr.prd.go.th/lopburi/ewt_news.php?nid=3477&filename=index1. *(in Thai)*. Accessed 4 February 2018.

[2] Dhiman, A.K., Sharma, K.D. and Surekha, A. 2007. “Functional constituents and processing of pumpkin: a review”. **Journal of Food Science and Technology (Mysore)**. 46: 411-417.

[3] Pai, Q. 2013. **Factor Affecting Consumer Buying Frozen Food in Bangkok**. M.BA. Thesis, Bangkok University. *(in Thai)*

[4] Poonsopin, S. 2012. **Factors Relating to Consumers' Purchasing Decision Behavior on "Ezygo" Frozen Food in Bangkok metropolis**. M.BA. Thesis, Srinakharinwirot University. *(in Thai)*

[5] Yadav, M., Jain, S., Tomar, R. and et al. 2010. “Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review”. **Nutrition Research Reviews**. 23: 184-190.

[6] Srimatakarn, P., Chanrithisane, T., Ayutthaya, R.P. and et al. 2015. **Evaluation of pumpkin (*Cucurbita* spp.) quality and development of suitable process for pumpkin flour production for using as raw material in supplementary food products. Research report**. Rajamangala University of Technology Lanna. *(in Thai)*

[7] Zheng, Y., Liu, Z. and Mo, B. 2016. “Texture profile analysis of sliced cheese in relation to chemical composition and storage temperature”. **Journal of Chemistry**. 2016: 1-10.

[8] Gonçalves, E.M., Pinheiro, J. and Abreu, M. and et al. 2007. “Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching”. **Journal of Food Engineering**. 81: 693-701.

[9] de Souza Silva, K., Caetano, L.C., Garcia, C.C. and et al. 2011. “Osmotic dehydration process for low temperature blanched pumpkin”. **Journal of Food Engineering**. 105: 56-64.

[10] Zhou, C.-L., Liu, W., Zhao, J. and et al. 2014. “The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and physical–chemical characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) during refrigerated storage”. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. 21: 24-34.

[11] AOAC. 2005. **Official methods of analysis of AOAC internation 18th ed**. Association of Official Analytical Chemists Internatinal.

[12] Murdia, L.K. and Wadhwani, R. 2010. “Effect of processing parameters on texture and yield of tofu”. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. 3(02): 232-241.

[13] Lawless, H.T. and Heymann, H. 2010. **Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices 2nd ed**. New York: Springer.

[14] BAM. 2001. **Chapter 3 aerobic plate count. Bacteriological Analytical Manual**. US FDA.

[15] BAM. 2001. **Chapter 18 Yeasts, Molds and Mycotoxins. Bacteriological Analytical Manual**. US FDA.

[16] Barth, M., Hankinson, T.R. and Zhuang, H. 2009. Microbiological spoilage of fruits and vegetables. In: W.H. Sperber and M.P. Doyle (eds.). **Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages**. NY: Springer.

[17] Simantara, P., Auvuchanon, A. and Ampoln, D. 2014. "Changes of colour and beta-carotein contents in cooked pumpkins". **Khon Kaen Agriculture Journal**. 42: 870-875.

[18] Longo, C., Leo, L. and Leone, A. 2012. Carotenoids, fatty acid composition and heat stability of supercritical carbon dioxide-extracted-oleoresins. **International Journal of Molecular Sciences**. 13(4): 4233-4254.

[19] Wu, G., Morris, C.F. and Murphy, K.M. 2017. "Quinoa starch characteristics and their correlations with the texture profile analysis (TPA) of cooked quinoa". **Journal of Food Science**. 82: 2387-2395.

[20] Ratnayake, R.S., Hurst, P.L. and Melton, L.D. 2004. "Influence of cultivar, storage and cooking on the mechanical properties of winter squash (*Cucurbita maxima*)". **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 84: 433-440.

[21] García-Segovia, P., Andrés-Bello, A. and Martínez-Monzó, J. 2008. "Textural properties of potatoes (*Solanum tuberosum* L., cv. Monalisa) as affected by different cooking processes". **Journal of Food Engineering**. 88: 28-35.

[22] Gupta, R.K., Sharma, A. and Sharma, R. 2007. "Instrumental texture profile analysis (TPA) of shelled sunflower seed caramel snack using response surface methodology". **Food Science and Technology International**. 13: 455-460.

[23] Provesi, J.G. and Amante, E.R. 2015. Chapter 9 - Carotenoids In: pumpkin and impact of processing treatments and storage. in V. Preedy (ed.). **Processing and Impact on Active Components in Food**, CA: Academic Press.

[24] RoŻnowski, J., Przetaczek-RoŻnowska, I. and Boba, D. 2016. "Physicochemical properties of native and phosphorylated pumpkin starch". **Starch – Stärke**. 68: 1-8.

[25] Li, H., Fitzgerald, M.A. and Prakash, S. 2017. "The molecular structural features controlling stickiness in cooked rice, a major palatability determinant". **Scientific Reports**. 7: 1-12.

[26] Singh, N., Kaur, L. and Sandhu, K.S. 2006. "Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches". **Food Hydrocolloids**. 20: 532-542.

[27] Department of Medical Sciences. 2560. **Standards of microbial quality of food and food contact containers 3rd ed**. Ministry of Public Health. Bangkok. *(in Thai)*