บทความวิจัย

# ผลของสภาวะการอบต่อการคงอยู่ของกลิ่นถั่วและสมบัติทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคา

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล* สิริมา ชินสาร และ นิสานารถ กระแสร์ชล
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 3810 3137 อีเมล: wich@buu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.10.004
รับเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2561 แก้ไขเมื่อ 30 มีนาคม 2561 ตอบรับเมื่อ 18 เมษายน 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 10 ตุลาคม 2561
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

**บทคัดย่อ**

กลิ่นถั่วเป็นกลิ่นเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์จากถั่วซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการอบต่อการคงอยู่ของกลิ่นถั่วและสมบัติทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคา จากการแปรอุณหภูมิการอบเป็น 70, 90 และ 120 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้เวลาอบ 15 และ 30 นาที พบว่า สภาวะที่ใช้สามารถทำให้กลิ่นถั่วลดลงได้ โดยอุณหภูมิและเวลาการอบมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส และความเข้มกลิ่นถั่ว ($p < 0.05$) และอุณหภูมิการอบมีผลต่อปริมาณความชื้น ($p < 0.05$) โดยสภาวะการลดกลิ่นถั่วที่เหมาะสม คือ การอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านและไม่ผ่านการอบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการลดกลิ่นถั่วด้วยการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า เส้นใยอาหารทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำกว่าแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการอบ ($p < 0.05$)

**คำสำคัญ**: แป้งถั่วดาวอินคา, กลิ่นถั่ว, สภาวะการอบ, กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส

การอ้างอิงบทความ: วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร และ นิสานารถ กระแสร์ชล, "ผลของสภาวะการอบต่อการคงอยู่ของกลิ่นถั่วและสมบัติทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคา," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 1, หน้า 135–144, ม.ค.–มี.ค. 2562.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 29 ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2562
*The Journal of KMUTNB., Vol. 29, No. 1, Jan.–Mar. 2019*

Research Article

# Effect of Roasting Conditions on Beany Odor Retention and Chemical Properties of Sacha Inchi Flour

Wichamanee Yuenyongputtakal*, Sirima Chinnasarn and Nisanarth Krasaechol
Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri

* Corresponding Author, Tel. 0 3810 3137, E–mail: wich@buu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.10.004
Received 1 February 2018; Revised 30 March 2018; Accepted 18 April 2018; Published online: 10 October 2018
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

**Abstract**

Beany odor is a unique flavor of bean products, which is not desired by consumers. The objective of this research was to investigate the effect of roasting conditions on the retention of beany odor and chemical properties of Sacha Inchi flour. Varied roasting temperature at70°C, 90°C and 120°C combined with 15 and 30 minutes of roasting were carried out. The result showed that the conditions used could reduce the beany odor. Both roasting temperature and time had an effect on lipoxygenase activity and beany odor intensity ($p < 0.05$). Additionally roasting temperature had a significant impact on the moisture content ($p < 0.05$). The flour with heat treatment at 120°C for 15 minutes was found to be an optimum condition. The comparison result of chemical qualities of Sacha inchi flour with and without roasting was significantly difference ($p < 0.05$). Roasted Sacha inchi flour that had undergone 120°C heat treatment for 15 minutes contained less moisture, protein, fat, crude fiber, ash, total dietary fiber and total phenolic compounds than its counterpart without roasting treatment ($p < 0.05$).

**Keywords**: Sacha Inchi Flour, Beany Odor, Roasting Condition, Lipoxygenase Activity

Please cite this article as: W. Yuenyongputtakal, S. Chinnasarn, and N. Krasaechol, "Effect of roasting conditions on beany odor retention and chemical properties of Sacha Inchi flour," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 1, pp. 135–144, Jan.–Mar. 2019 (in Thai).

**1. บทนำ**

ในกระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วดาวอินคาระดับอุตสาหกรรม ดำเนินการโดยนำเมล็ดถั่วดาวอินคามากะเทาะเปลือกออก และนำเมล็ดไปสกัดน้ำมันโดยวิธีการบีบเย็น (Cold Pressing) โดยการบีบอัดด้วยกำลังไฮดรอลิก (Hydraulic Press) หรือการบีบอัดด้วยระบบเกลียวอัด (Screw Press) ทำให้ได้ส่วนกากที่บีบน้ำมันออกแล้ว (Press Cake) และนำส่วนกากนี้มาบีบน้ำมันออกอีก แล้วทำเป็นผงแห้ง จนได้เป็นแป้งถั่วดาวอินคา [1] การนำแป้งถั่วดาวอินคาที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันในระดับอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมกับศักยภาพ เป็นการเพิ่มมูลค่าถั่วดาวอินคาได้อีกทางหนึ่ง แป้งถั่วดาวอินคามีโปรตีนสูงถึง 56.63% นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 155.41 มิลลิกรัม/100 กรัม และเส้นใยอาหารทั้งหมด 25.27% [1] อย่างไรก็ตาม แป้งถั่วหลายชนิดมักมีลักษณะเฉพาะคือมีกลิ่นถั่ว (Beany Odor) หรือกลิ่นหญ้า (Grassy Odor) ทำให้เป็นอุปสรรคในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร ซึ่งแป้งถั่วดาวอินคาก็มีกลิ่นถั่วเช่นกัน Kudre และ Benjakul [2] รายงานว่า แป้งถั่วหรั่ง (Bambara Groundnut Flour) มีกลิ่นถั่ว ซึ่งเป็นผลจากการมีองค์ประกอบของหมู่อัลดีไฮด์ (Medium Chain Aldehyde) เพนทานอล (Pentanol) เฮกซานอล (Hexanol) และเฮปทานอล (Heptanol) รวมถึงกลิ่นถั่วซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิจิเนส (Lipoxygenase) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Shin *et al*. [3] รายงานว่า แป้งถั่วเหลืองมีกลิ่นถั่วซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวเช่นกัน แนวทางในการกำจัดหรือลดกลิ่นถั่วในแป้ง สามารถทำได้โดยวิธีการใช้ความร้อน เช่น การอบ (Roasting) การนึ่งด้วยไอน้ำ (Steaming) และวิธีไม่ใช้ความร้อน เช่น การแช่ในตัวทำละลาย [2], [3] แต่การใช้ตัวทำละลายมีข้อด้อยคือการตกค้างของตัวทำละลายที่อาจมีผลต่อกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ การหาวิธีการที่เหมาะสมในการลดกลิ่นถั่วจากแป้งถั่วดาวอินคา จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเพื่อที่จะได้นำแป้งถั่วดาวอินคามาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น งานวิจัยนี้สนใจกำจัดหรือลดกลิ่นถั่วในแป้งถั่วดาวอินคาโดยวิธีใช้ความร้อนด้วยการอบ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการอบต่อการคงอยู่ของกลิ่นถั่วและสมบัติทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคา

**2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย**

**2.1 การศึกษาผลของสภาวะการอบต่อปริมาณความชื้น กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส และความเข้มกลิ่นถั่วของแป้งถั่วดาวอินคา**

แป้งถั่วดาวอินคาที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันถั่วดาวอินคาที่สกัดโดยวิธีการบีบเย็นด้วยกำลังไฮดรอลิก ซึ่งรับมาจากบริษัท โอเมกา 3.6.9 แอนด์ไลโคปีน จำกัด เก็บรักษาโดยแช่แข็งที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้งาน ศึกษาสภาวะการให้ความร้อนโดยแปรอุณหภูมิการอบด้วยตู้อบลมร้อน 3 ระดับ ได้แก่ 70, 90 และ 120 องศาเซลเซียส และแปรเวลาการอบ 2 ระดับ ได้แก่ 15 และ 30 นาที วางแผนการทดลองแบบ 3×2 Factorial in CRD

1. การเตรียมตัวอย่าง สำหรับการให้ความร้อนเพื่อลดกลิ่นถั่ว ดัดแปลงจากวิธีของ Shin *et al*. [3] เตรียมตัวอย่างแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบ (Roasted Sacha inchi Flour; RSF) โดยนำแป้งถั่วดาวอินคา (ความชื้น 5.09% ± 0.10%) มาเกลี่ยลงบนถาดสำหรับอบ โดยควบคุมให้ความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตร นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด เมื่อครบเวลาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ควบคุมขนาดอนุภาคของแป้งถั่วดาวอินคาที่ได้ โดยนำแป้งไปบดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง (โง้วฮวดหยู รุ่น XS-08B, ประเทศไทย) กำหนดให้บดแป้งครั้งละ 250 กรัม ใช้ความเร็วปานกลาง โดยบดเป็นเวลา 45 วินาที แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช

2. การวิเคราะห์คุณภาพ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น [4] กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (Lipoxygenase Activity) [2] และประเมินความเข้มกลิ่นถั่วโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน ให้คะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 5 โดยคะแนน 0 หมายถึง ไม่มีกลิ่นถั่ว และ 5 หมายถึง กลิ่นถั่วเข้มมากที่สุด [2] สำหรับการฝึกฝนผู้ทดสอบดำเนินการโดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการอบ

เป็นตัวอย่างอ้างอิงโดยกำหนดให้มีความเข้มกลิ่นถั่วมากที่สุด ฝึกฝนให้ผู้ทดสอบเข้าใจลักษณะกลิ่นถั่วและสามารถใช้สเกลบอกระดับความเข้มของกลิ่นถั่วได้ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้แป้งถั่วดาวอินคามีกลิ่นถั่วน้อยที่สุด มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสต่ำ และมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 10% สำหรับการทดลองต่อไป

### 2.2 การเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านและผ่านการอบ

เตรียมตัวอย่างแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการอบ (Sacha inchi Flour; SF) โดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาที่รับมาจากบริษัทผู้ผลิต นำมาเตรียมตัวอย่างโดยร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เพื่อเป็นการควบคุมขนาดอนุภาค สำหรับแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบ (Roasted Sacha inchi Flour; RSF) เตรียมตัวอย่างตามสภาวะที่เลือกได้จากข้อ 2.1 สุ่มตัวอย่างแป้งถั่วดาวอินคามาวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด [4] ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Hu *et al*. [5]) และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (ดัดแปลงจาก Hu *et al*. [5])

### 2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 23

## 3. ผลการทดลอง

### 3.1 ผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อการคงอยู่ของกลิ่นถั่วของแป้งถั่วดาวอินคา

จากตารางที่ 1 แสดงผลค่า F และ *p*-value จากการวิเคราะห์ ANOVA พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาการอบ (T*t) มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส และความเข้มกลิ่นถั่ว ($p < 0.05$) ในขณะที่อิทธิพลของปัจจัยหลักด้านอุณหภูมิการอบ (T) มีผลต่อปริมาณความชื้น ($p < 0.05$)

**ตารางที่ 1** ค่า F (*p*-value) จากการวิเคราะห์ ANOVA สำหรับปริมาณความชื้น กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส และความเข้มกลิ่นถั่ว ของแป้งถั่วดาวอินคาที่แปรปัจจัยด้านอุณหภูมิ (T) และเวลา (t) การอบ

| ค่าคุณภาพ | ปัจจัยที่ศึกษา | | |
|---|---|---|---|
| | T | t | T*t |
| ปริมาณความชื้น | 31.001 (0.000)* | 3.706 (0.072)$^{ns}$ | 2.101 (0.173)$^{ns}$ |
| กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส | 146.423 (0.000)* | 0.482 (0.478)$^{ns}$ | 56.072 (0.000)* |
| ความเข้มกลิ่นถั่ว | 37.532 (0.000)* | 5.125 (0.027)* | 12.734 (0.000)* |

* ปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อค่าคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
$^{ns}$ ปัจจัยที่ศึกษาไม่มีผลต่อค่าคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

3.1.1 ปริมาณความชื้น

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่ออุณหภูมิการอบเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณความชื้นของแป้งถั่วดาวอินคาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และพบว่าแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการอบทุกสภาวะ มีปริมาณความชื้น (0.84%–4.83%) ลดลงจากปริมาณความชื้น (5.09%) ของแป้งถั่วดาวอินคาที่รับมาจากบริษัท แสดงให้เห็นว่า ในระหว่างการอบเกิดการถ่ายเทความร้อนจากตู้อบลมร้อนไปยังแป้งถั่วดาวอินคา เมื่อน้ำที่อยู่ในแป้งดาวอินคาได้รับความร้อนจึงระเหยออกไป เป็นผลจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำนั่นเอง และเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงขึ้น มีผลต่ออัตราเร็วในการอบแห้ง โดยอุณหภูมิของลมร้อนที่สูงขึ้นทำให้อัตราการแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น การระเหยจึงเกิดได้เร็วขึ้นเช่นกัน โดยพบว่า แป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเฉลี่ย (1.34%) เหลืออยู่ต่ำมาก อาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียส จึงมีผลให้เกิดการระเหยของไอน้ำได้มาก และแป้งถั่วดาวอินคามีอนุภาคขนาดเล็กจึงมีพื้นที่ผิวที่เอื้อต่อการระเหยน้ำได้มากนั่นเอง

**ตารางที่ 2** ปริมาณความชื้นของแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบด้วยสภาวะต่างๆ

| อุณหภูมิ (°C) | เวลา (min) | ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (%) | |
|---|---|---|---|
| ไม่ผ่านการอบ | | 5.09±0.10 | |
| 70 | 15 | 4.83±0.07 | 4.19±0.64[a] |
| 70 | 30 | 3.06±0.06 | |
| 90 | 15 | 3.23±0.08 | 2.67±0.56[b] |
| 90 | 30 | 2.12±0.07 | |
| 120 | 15 | 1.84±0.16 | 1.34±0.52[c] |
| 120 | 30 | 0.84±0.17 | |

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง (เมื่อใช้อุณหภูมิการอบแตกต่างกัน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.1.2 กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสและความเข้มกลิ่นถั่ว

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาการอบเพิ่มขึ้นมีผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส ของแป้งถั่วดาวอินคาลดลง ($p < 0.05$) แป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสสูง (792.03 Unit/g) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการให้ความร้อนในสภาวะต่างๆ ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสในช่วง 88.13–768.33 Unit/g แสดงให้เห็นว่า ความร้อนจากการอบที่ให้กับแป้งถั่วดาวอินคาทุกสภาวะ สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสให้ต่ำลงได้ โดยพบว่าการใช้สภาวะการให้ความร้อนที่รุนแรงที่สุดซึ่งหมายถึงการใช้อุณหภูมิระดับสูงร่วมกับการใช้เวลาอบนาน (120 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที) มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเหลือต่ำที่สุด เท่ากับ 88.13 Unit/g คิดเป็นการลดกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ประมาณ 89% ขึ้นไป โดยผลการทดลองสอดคล้องกับที่ Shin *et al*. [3] รายงานว่า จากการนำแป้งถั่วเหลืองมาผ่านการให้ความร้อนด้วยการอบที่สภาวะการให้ความร้อนรุนแรงที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่า มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเหลือเพียง 69.1 Unit/g ซึ่งลดลงจากแป้งถั่วเหลืองดิบที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส เท่ากับ 279 Unit/g อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลอง พบว่า การใช้สภาวะการให้ความร้อนที่รุนแรงน้อยที่สุด (70 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที) ก็สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ โดยมีค่าเท่ากับ 768.33 Unit/g คิดเป็นการลดกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ประมาณ 3% ซึ่งสอดคล้องกับที่ Shin *et al*. [3] รายงานว่า การให้ความร้อนตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียส ขึ้นไปสามารถช่วยยับยั้งกิจกรรมกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้

**ตารางที่ 3** กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจิเนสและความเข้มกลิ่นถั่วของแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านและผ่านการอบด้วยสภาวะต่างๆ

| อุณหภูมิ (°C) | เวลา (min) | ค่าเฉลี่ย | |
|---|---|---|---|
| | | กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส (Unit/g) | ความเข้มกลิ่นถั่ว* |
| ไม่ผ่านการอบ | | 792.03±5.60 | 5.00±0.00 |
| 70 | 15 | 768.33±5.70[f] | 4.00±0.82[c] |
| 70 | 30 | 754.20±5.60[e] | 4.30±0.67[c] |
| 90 | 15 | 512.37±6.66[d] | 3.20±0.63[b] |
| 90 | 30 | 326.53±3.44[c] | 2.20±1.03[b] |
| 120 | 15 | 126.32±20.00[b] | 1.20±0.92[a] |
| 120 | 30 | 88.13±17.81[a] | 0.80±1.03[a] |

* คะแนนความเข้มกลิ่นถั่ว 0 หมายถึง ไม่มีกลิ่นถั่ว และ 5 หมายถึง กลิ่นถั่วเข้มมากที่สุด

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง (เฉพาะที่ผ่านการอบ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาการอบเพิ่มขึ้น มีผลให้คะแนนความเข้มกลิ่นถั่วลงมีแนวโน้มลดลง เป็นการยืนยันให้เห็นว่าการให้ความร้อนด้วยการอบสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นถั่วซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้ [6] จากผลการทดลองพบว่า การอบที่อุณหภูมิเดียวกันแม้ใช้เวลาต่างกันคือ 15 หรือ 30 นาที ความเข้มกลิ่นถั่วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแปรช่วงเวลาห่างกันเพียง 15 นาที อาจมีผลต่อการลดกลิ่นถั่วแตกต่างกันไม่มากพอ ที่ผู้ทดสอบจะสังเกตความแตกต่างกันได้ โดยจากผลการทดลอง พบว่า การใช้ความร้อนอบแป้งถั่วดาวอินคาในสภาวะที่รุนแรงน้อยสุด (70 องศาเซลเซียส เวลา

15 นาที) ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส 768.33 Unit/g และยังคงมีกลิ่นถั่วที่ระดับความเข้ม 4.00 คะแนน แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาการอบเป็นสภาวะที่รุนแรงมากที่สุด (120 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที) มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเหลือเพียง 88.13 Unit/g มีผลให้คะแนนความเข้มกลิ่นถั่วลดลงเหลือเพียง 0.80 คะแนน ซึ่งเป็นระดับการมีกลิ่นถั่วน้อยมาก

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้แป้งถั่วดาวอินคามีกลิ่นถั่วน้อยที่สุด มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสต่ำ และมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 10% จากผลการทดลองพิจารณาได้ว่า แป้งถั่วดาวอินคาที่อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 และ 30 นาที มีคะแนนความเข้มกลิ่นถั่วน้อยที่สุด เท่ากับ 1.20 และ 0.80 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งหมายถึงมีความเข้มกลิ่นถั่วเล็กน้อย สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส พบว่า แป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบจากทั้ง 2 สภาวะนี้ มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส เท่ากับ 126.32 และ 88.13 Unit/g ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสของแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (792.03 Unit/g) โดยทั้ง 2 ตัวอย่าง มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 10% เช่นเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการเตรียมและเป็นการประหยัดพลังงาน แป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จึงเป็นสภาวะการให้ความร้อนที่มีความเหมาะสมที่สุดในการลดกลิ่นถั่ว

### 3.2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านและผ่านการอบ

3.2.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีด้านต่างๆ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ของแป้งถั่วดาวอินคาทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4 ด้านปริมาณความชื้น พบว่า แป้งถั่วดาวอินคา SF มีปริมาณความชื้น (5.36% Dry Weight) มากกว่าแป้งถั่วดาวอินคา RSF (1.87% Dry Weight) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้านปริมาณโปรตีน แสดงให้เห็นว่า แป้งถั่วดาวอินคาทั้ง 2 ชนิด ยังคงเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน แป้งถั่วดาวอินคา SF และแป้งถั่วดาวอินคา RSF มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 42.00% และ 39.30% Dry Weight ตามลำดับ โดยมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (Denature) ซึ่งมีผลทำให้โครงสร้างทางเคมีของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะการมีผลให้พันธะไฮโดรเจนซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างระดับต่างๆ ของโปรตีนถูกทำลาย [7] นอกจากนี้มีรายงานว่าการให้ความร้อนในการแปรรูปอาหารที่อุณหภูมิสูง (ตั้งแต่ 100–150 องศาเซลเซียส) มีผลให้กรดอะมิโนบางชนิดสลายตัว (Degradation) ไป เช่น ไลซีน (Lysine) ซีสเตอีน (Cysteinne) และลูซีน (Leucine) [8] สอดคล้องกับที่ Ayoola และ Adeyeye [9] รายงานว่า เมื่อให้ความร้อนกับแป้งถั่วลิสงด้วยการอบที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซสเซียส ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงจาก 24.70% Dry Weight เป็น 18.40% Dry Weight และ Vongsumran *et al*. [10] ที่รายงานว่า เมื่อให้ความร้อนกับแป้งถั่วดำด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงจาก 29.42% Dry Weight เป็น 27.95% Dry Weight

**ตารางที่ 4** องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการอบ (SF) และแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบ (RSF)

| ค่าคุณภาพ | ค่าเฉลี่ย (% Dry Weight) | |
|---|---|---|
| | SF | RSF |
| ความชื้น | 5.36±0.05[b] | 1.87±0.16[a] |
| โปรตีน | 42.00±0.80[b] | 39.30±0.19[a] |
| ไขมัน | 20.78±0.78[b] | 19.11±0.75[a] |
| กากใย | 5.97±0.25[b] | 4.56±0.26[a] |
| เถ้า | 4.43±0.02[b] | 4.01±0.11[a] |
| คาร์โบไฮเดรต | 20.57±2.19[a] | 31.14±0.45[b] |

SF = Sacha inchi Flour, RSF = Roasted Sacha inchi Flour
[a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
[ns] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ด้านปริมาณไขมัน พบว่า แป้งถั่วดาวอินคา SF มีปริมาณไขมัน (20.87% Dry Weight) มากกว่าแป้งถั่วดาวอินคา RSF (19.11% Dry Weight) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความร้อนจากการอบแป้งถั่วดาวอินคามีผลต่อการลดปริมาณไขมันจากแป้งถั่วได้ Li *et al*. [11] กล่าวว่า การให้ความร้อนสามารถลดปริมาณไขมันดิบได้โดยการสลาย (Decomposing) ไขมันที่อุณหภูมิสูง สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณกากใย เป็นการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหลืออยู่ภายหลังการย่อยด้วยกรดและด่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประเภทโพลีแซคคาไรด์ จากผลการทดลอง พบว่า แป้งถั่วดาวอินคา SF มีปริมาณกากใย (5.97% Dry Weight) มากกว่าแป้งถั่วดาวอินคา RSF (4.56% Dry Weight) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความร้อนจากการอบแป้งถั่วดาวอินคามีผลต่อการลดปริมาณกากใยจากแป้งถั่วได้ Johansson [12] กล่าวว่า การแปรรูปโดยใช้อุณหภูมิสูง มีผลให้เกิดการแตกตัว (Fragmentation) ของโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของกากใย ดังนั้นจึงมีโอกาสที่แป้งที่ผ่านการให้ความร้อนจะมีปริมาณกากใยลดลง โดยผลการทดลองสอดคล้องกับการรายงานของ Ayoola และ Adeyeye [9] ที่กล่าวว่า เมื่อให้ความร้อนกับแป้งถั่วลิสงด้วยการอบที่อุณหภูมิ 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส มีผลให้ปริมาณกากใยลดลงจาก 2.83% Dry Weight เหลือ 2.41% Dry Weight และ Vongsumran *et al*. [10] รายงานว่า การให้ความร้อนกับแป้งถั่วดำด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณกากใยลดลงจาก 2.19% Dry Weight เหลือ 1.5% Dry Weight สำหรับปริมาณเถ้าในอาหาร แสดงถึงส่วนของสารอนินทรีย์หรือแร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหาร จากผลการทดลองพบว่า แป้งถั่วดาวอินคา RSF มีปริมาณเถ้าน้อยกว่าแป้งถั่วดาวอินคา SF ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการให้ความร้อนกับแป้งถั่วดาวอินคาที่อุณหภูมิสูง 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อาจส่งผลให้สารอนินทรีย์หรือแร่ธาตุบางส่วนมีโอกาสสลายตัวไปได้ [13] Inyang *et al*. [14] รายงานว่า เมื่อให้ความร้อนกับแป้งถั่ววอลนัทแอฟริกัน (Conophor Nuts Flour) ด้วยการอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีผลทำให้แร่ธาตุบางชนิดลดลง เช่น โพแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียม ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ayoola และ Adeyeye [9] ที่รายงานว่า เมื่อให้ความร้อนโดยการอบแป้งถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียส ทำให้มีปริมาณเถ้าลดลงจากปริมาณเถ้าของแป้งถั่วลิสงที่ไม่ผ่านการอบ

สำหรับด้านปริมาณคาร์โบไฮเดรต จากผลการทดลอง พบว่า แป้งถั่วดาวอินคา SF มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (20.57% Dry Weight) น้อยกว่าแป้งถั่วดาวอินคา RSF (31.14% Dry Weight) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนมีผลทำให้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีบางอย่าง เช่น ไขมัน กากใย เถ้า และกรดอะมิโนบางชนิดสลายตัวหรือแตกตัว รวมถึงความร้อนมีผลทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ จึงเป็นผลให้สารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตมีความเป็นอิสระมากขึ้น [9] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการรายงานของ Blessing และ Gregory [15] ที่กล่าวว่า แป้งถั่วลิสงเมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความเป็นอิสระมากขึ้น และ Vongsumran *et al*. [10] รายงานว่า เมื่อให้ความร้อนกับแป้งถั่วดำด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นจาก 55.25% Dry Weight เป็น 58.91% Dry Weight Jagersberger [1] รายงานองค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคาที่ผลิตจากบริษัทในประเทศเปรู พบว่า มีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน เถ้า และไขมัน เท่ากับ 3.28% 56.63%, 5.93%, 8.61% Dry Weight ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วดาวอินคา SF ที่งานวิจัยนี้ได้รับจากบริษัทในประเทศไทย โดยพบว่า แป้งถั่วดาวอินคา SF มีปริมาณโปรตีน และเถ้าต่ำกว่า ในขณะที่มีปริมาณความชื้นและไขมันสูงกว่า อาจเนื่องมาจากแป้งถั่วดาวอินคาได้จากกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน รวมถึงวัตถุดิบถั่วดาวอินคามาจากแหล่งปลูกต่างกัน

3.2.2 ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด

จากตารางที่ 5 พบว่า แป้งถั่วดาวอินคา SF มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (21.44 % Dry Weight) มากกว่าแป้งถั่วดาวอินคา RSF (18.35% Dry Weight) อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความร้อนจากการอบแป้งถั่วดาวอินคามีผลต่อให้ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดลดลงได้ Johansson [12] กล่าวว่า การแปรรูปโดยใช้อุณหภูมิสูงมีผลให้เกิดการแตกตัว (Fragmentation) ของโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของเส้นใยอาหาร ทำให้โครงสร้างของเส้นใยอาหารมีความสมบูรณ์ลดลง ปริมาณเส้นใยอาหารที่วิเคราะห์ได้จึงน้อยลง ตัวอย่างเช่น การให้ความร้อนโดยการอบกับแป้งถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อาจมีผลต่อการแตกตัวของโพลีแซคคาร์ไรด์ที่มีสมบัติเป็นเส้นใยอาหาร ทำให้ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดลดลงจาก 25.29% Dry Weight เป็น 18.29% Dry Weight โดยเส้นใยอาหารที่มักเกิดการแตกตัวสูญเสียไประหว่างการให้ความร้อนมักเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น เพคตินและกัม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Azizah และ Zainon [16] ที่รายงานว่าการอบถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ลดลงจาก 5.44% Dry Weight เป็น 0.77% Dry Weight อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าแป้งถั่วดาวอินคาทั้ง 2 ชนิด ในงานวิจัยนี้จัดว่าเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร โดยมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดอยู่ในช่วง 18.35–21.44% Dry Weight

3.2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

จากตารางที่ 5 พบว่า แป้งถั่วดาวอินคา RSF มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่รายงานเป็น % Inhibition ต่ำกว่าแป้งถั่วดาวอินคา SF ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าความร้อนมีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลง โดยพบว่า แป้งถั่วดาวอินคา RSF มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 98.11 mgGAE/100 g และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 18.35% Inhibition สอดคล้องกับการรายงานของ Lemos *et al.* [17] ที่รายงานว่า การให้ความร้อนกับเนื้อถั่วบารูที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติต้านอนุมูลอิสระลดลง โดยในระหว่างการให้ความร้อน สารประกอบฟีนอลิกโมเลกุลเล็กๆ จะสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ และสูญเสียไปพร้อมกับไอน้ำ ตัวอย่าง เช่น สารประกอบฟีนอลิก กลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่มีโครงสร้างลักษณะเป็นวงแหวน ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการแตกตัวของวงแหวนและสลายตัวไป ทำให้เปลี่ยนโครงสร้างเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic Acid) และคาร์บอกซิลอัลดีไฮด์ (Carboxyl Aldehyde) ซึ่งสามารถระเหยไปพร้อมกับไอน้ำได้

**ตารางที่ 5** ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการอบ (SF) และแป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบ (RSF)

| ค่าคุณภาพ | ค่าเฉลี่ย | |
|---|---|---|
| | SF | RSF |
| ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (% Dry Weight) | 21.44±0.63[b] | 18.35±0.38[a] |
| สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g) | 101.38±2.18[b] | 98.11±2.21[a] |
| สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) | 65.32±0.28[b] | 51.80±0.31[a] |

SF = Sacha inchi Flour, RSF = Roasted Sacha inchi Flour

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

## 4. สรุป

อุณหภูมิและเวลาการอบมีอิทธิพลร่วมกันต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส และความเข้มกลิ่นถั่ว ($p < 0.05$) และอุณหภูมิการอบมีผลต่อปริมาณความชื้น ($p < 0.05$) โดยการศึกษานี้สภาวะที่เหมาะสมในการให้ความร้อนด้วยการอบเพื่อลดกลิ่นถั่ว คือ อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ได้แป้งถั่วดาวอินคาที่มีปริมาณความชื้น 1.84% มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจิเนส เท่ากับ 126.32 Unit/g และมีคะแนนความเข้มกลิ่นถั่ว 1.20 คะแนน ซึ่งหมายถึงมีความเข้มกลิ่นถั่วเล็กน้อย แป้งถั่วดาวอินคาที่ผ่านการลดกลิ่นถั่วด้วยการอบนี้ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใย และเถ้า ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำกว่าแป้งถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านการอบ ($p < 0.05$)

**5. กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 166/2560

**เอกสารอ้างอิง**

[1] J. Jagersberger, "Development of novel products on basis of Sacha Inchi-Use of press cakes and hulls," M.S. thesis, Faculty of Life Sciences, University of Vienna, 2013.

[2] T. G. Kudre and S. Benjakul, "Effects of binary organic solvents and heating on lipid removal and the reduction of beany odour in Bambara groundnut (*Vigna subterranean*) flour," *Food Chemistry*, vol. 141, no. 2, pp. 1390–1397, 2013.

[3] D. J. Shin, W. Kim, and Y. Kim, "Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour," *Food Chemistry*, vol. 141, no. 1, pp. 517–523, 2013.

[4] *Official method of analysis*, AOAC USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16., 2000.

[5] Y. Hu, J. Xu, and Q. Hu, "Evaluation of antioxidant potential of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) extracts," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 26, pp. 7788–7791, 2003.

[6] X. Kong, X. Li, H. Wang, Y. Hua, and Y. Huang, "Effect of lipoxygenase activity in defatted soybean flour on the gelling properties of soybean protein isolate," *Food Chemistry*, vol. 106, no. 3, pp. 1093–1099, 2008.

[7] J. R. Runyon, B. A. Sunilkumar, L. Nilsson, A. Rascon, and B. Bergenståhl, "The effect of heat treatment on the soluble protein content of oats," *Journal of Cereal Science*, vol. 65, pp. 119–124, September 2015.

[8] J. N. Nwosu, C. N. Ubbaonu, E. O. I. Banigo, and A. Uzomah, "The effects of processing on the amino acid profile of Oze (*Bosqueia angolensis*) seed flour," *Life Science Journal*, vol. 5, no. 4, 2008.

[9] P. B. Ayoola and A. Adeyeye, "Effect of heating on the chemical composition and physico-chemical properties of Arachis hypogea (Groundnut) seed flour and oil," *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 9, no. 8, pp. 751–754, 2010.

[10] K. Vongsumran, W. Ratphitagsanti, P. Chompreeda, and V. Haruthaitanasan, "Effect of cooking conditions on black bean flour properties and its utilization in donut cake," *Kasetsart Journal*, vol. 48, pp. 970–979, 2014.

[11] Q. Li, X. Shi, Q. Zhao, Y. Cui, J. Ouyang, and F. Xu, "Effect of cooking methods on nutritional quality and volatile compounds of Chinese chestnut (*Castanea mollissima Blume*)," *Food Chemistry*, vol. 201, pp. 80–86, 2016.

[12] M. Johansson, "Dietary fibre composition and sensory analysisof heat treated wheat and rye bran," M.S. thesis, Department of Food Science, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, 2012.

[13] H. P. Hanssen and M. Schmitz-Hubsch, "Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Nut Oil and Its Therapeutic and Nutritional Uses," *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, pp. 991–994, 2011.

[14] U. E. Inyang, E. O. Akpan, and F. A. Bello, "Effect of boiling and roasting on the nutrient and anti-nutrient contents in conophor nuts flour," *International Journal of Information Research and Review*, vol. 2, no. 6, pp. 769–772, 2015.

[15] I. A. Blessing and I. O. Gregory, "Effect of processing on the proximate composition of the dehulled and undehulled mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] Flours," *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 9, no. 10, pp. 1006-1016, 2010.

[16] A. H. Azizah and H. Zainon, "Effect of processing on dietary fiber contents of selected legumes and cereals," *Journal of Nutrition*, vol. 3, pp. 131–136, 1997.

[17] M. R. B. Lemos, E. M. A. Siqueira, and S. F. Arruda, "The effect of roasting on the phenolic compounds and antioxidant potential of baru nuts [*Dipteryx alata* Vog.]," *Food Research International*, vol. 48, no. 2, pp. 592–597, 2012.