

ผลของการคั่วต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองเริ่มงอก

Effect of Roasting on Bioactive Compounds of Germinated Soybean

ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์¹, กฤตไนย์ แก้วยศ¹
Chaiyong Taechapairoj¹, Krittanai Kaewyot¹

Received: 20 July 2019 ; Revised: 7 October 2019 ; Accepted: 13 November 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการคั่วต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองเริ่มงอก คือ ปริมาณเจนิสทิน ไดซีอิน ฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ด้วยการแช่ถั่วเหลืองในน้ำ 4 ชั่วโมง และเกิดการงอกในอากาศ 19 ชั่วโมง และทำแห้งด้วยการคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ คือ 6 นาที 7 นาที และ 8 นาที โดยอุณหภูมิและความเร็วของอากาศในกระบวนการคั่วคงที่ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณเจนิสทิน และปริมาณไดซีอิน มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มเวลาในการคั่ว และมีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับถั่วเหลืองอ้างอิง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันมีค่าไม่แตกต่างกันในทุกๆ เวลาของการคั่ว และมีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับถั่วเหลืองอ้างอิง

คำสำคัญ: การคั่ว ถั่วเหลืองเริ่มงอก เจนิสทิน ไดซีอิน สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This research investigated the effect of roasting on the bioactive compounds of germinated soybean. Content of genistein, daidzein and total phenolics was measured and antioxidant activity estimated. The soybean samples were soaked for 4 hours, then germinated for 19 hours and roasted at 200°C for 6, 7 or 8 minutes. Roasting temperature and air flow rate were constant throughout the experiment. The results demonstrated the genistein, daidzein and total phenolic content and antioxidant activity were not affected by different drying times, but they were increased when compared with raw soybean.

Keywords: roasting, germinated soybean, genistein, daidzein, antioxidant

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม 73000

² นักวิจัย ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม 73000

¹ Assistant professor, Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000

² Researcher, Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000

* Corresponding author, Chaiyong Taechapairoj, Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, chaiyong_t@yahoo.com

บทนำ

ถั่วเหลือง (Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill) เป็นธัญพืชที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการมากมาย โดยเฉพาะโปรตีนที่มีประโยชน์ พบถึงร้อยละ 30-50 นอกจากนี้ยังพบไขมันร้อยละ 13-25 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 14-24¹ ซึ่งโปรตีนจากถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากเนื้อสัตว์ และถั่วเหลืองยังถูกใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมต่างๆ ในการแปรรูปถั่วเหลือง ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันจากถั่วเหลือง นมจากถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว ฯลฯ ถั่วเหลืองนอกจากจะเป็นแหล่งโปรตีนแล้ว ในถั่วเหลืองยังถือว่าเป็นพืชที่มีฤทธิ์คล้ายคลึงกับฮอร์โมนเอสโตรเจน (phytoestrogen) นั่นคือ สารกลุ่มไอโซฟลาโวน (isoflavones) เช่น เจนิสทิน (genistein) ไดซีอิน (daidzein) และไกลซิติน (glycitein) โดยฮอร์โมนนี้มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์เพศหญิง โดยการบริโภคถั่วเหลืองมีผลช่วยลดระดับไขมันในเลือด² ลดอาการร้อนวูบวาบ (hot flashes) ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีระดับฮอร์โมนลดลงตามวัย³⁻⁵ จากการศึกษาของ Morabito และคณะ⁶ พบว่า genistein เป็น phytoestrogen ช่วยเพิ่มมวลกระดูก (Bone mass) ให้หนาแน่นขึ้น โดยลดการสลายกระดูก และเพิ่มการสร้างกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน และที่สำคัญยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามเมล็ดถั่วเหลืองดิบไม่สามารถนำมาใช้บริโภคได้โดยตรง เนื่องจากในถั่วเหลืองดิบมีสารขัดขวางทางโภชนาการอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น เอนไซม์ยูรีเอส สารยับยั้งทริปซิน สารฮีมแอกกลูตินิน ฯลฯ และบางชนิดมีโทษต่อผู้บริโภค จึงต้องนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งสามารถลดสารขัดขวางทางโภชนาการได้⁷

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ มีการนำถั่วเหลืองไปผ่านกระบวนการงอก ซึ่งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยกระบวนการงอกเป็นการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลสารอาหารในเมล็ดพืชทำให้ร่างกายสามารถย่อยง่าย⁸ และในเมล็ดถั่วเหลืองที่กำลังเริ่มงอกจะมีเอนไซม์หลายชนิดทำหน้าที่ย่อยแป้ง โพลีแซคคาไรด์ และโปรตีน ให้เปลี่ยนเป็นโกลิโกแซคคาไรด์และกรดอะมิโน⁹ แต่ด้วยกระบวนการงอกจะทำให้ถั่วเหลืองมีความชื้นภายในเมล็ดสูง ทำให้ยากต่อการเก็บรักษา จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการให้ความร้อนเพื่อลดความชื้นด้วยวิธีการต่างๆ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการคั่ว เพื่อลดความชื้นภายในเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งการคั่วคือ กระบวนการให้ความร้อนกับอาหารแห้งโดยไม่ใช้น้ำหรือน้ำมันเป็นตัวกลาง ส่วนใหญ่การคั่วจะทำกับอาหารอย่างเช่นถั่วเปลือกแข็งหรือเมล็ดพืช เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง กาแฟ ในระหว่างการคั่ว นั้น น้ำและความชื้นที่อยู่ภายในเมล็ดจะถูกไล่ออกไป ทำให้สีของเมล็ดเริ่มเปลี่ยนจากสีอ่อนกลายเป็นสีน้ำตาลซีด และจะค่อยๆ เข้มขึ้นตามระยะเวลาในการคั่ว ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก

การคั่วจะมีลักษณะที่น่ารับประทาน และสามารถเก็บรักษาวัตถุดิบได้นานยิ่งขึ้น จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Lee และ Lee (2009)¹⁰ ได้ทำการศึกษาลงมือของการอบแห้งด้วยลมร้อน การคั่ว และ explosive puffing พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 100°C เป็นเวลา 120 นาที ปริมาณไอโซฟลาโวนมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง พบว่าการคั่วทำให้ปริมาณไอโซฟลาโวน มีค่าลดลง 25.46% ที่ 200°C เวลา 21 นาที และวิธี explosive puffing ที่ 686 kPa มีผลต่อปริมาณไอโซฟลาโวนลดลง 10.42% ทั้งนี้ยังไม่มีการรายงานการศึกษาในถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาลงมือของการอบแห้งด้วยการคั่วต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ ของถั่วเหลืองเริ่มงอก

วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

วัตถุดิบ

ในงานวิจัยนี้ใช้ถั่วเหลืองสายพันธุ์เขียวใหม่ 60 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จังหวัดพิษณุโลก เก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4°C ก่อนทำการทดลองถั่วเหลืองจะถูกปรับอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิห้องก่อน และนำไปทำความสะอาดหลังจากนั้นจึงนำมาทำการทดลองได้ โดยจะมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 10-13% (dry basis) db.

กระบวนการงอกถั่วเหลือง

แช่ถั่วเหลืองด้วยน้ำสะอาด เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำเต็มที่ และใส่ในภาชนะที่มีผ้าขาวบางที่ชุ่มน้ำปิดทับ เพื่อให้เกิดกระบวนการงอกอากาศของถั่วเหลือง ให้ได้รากที่เริ่มงอกออกมาจากเมล็ดมีความยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร โดยงานวิจัยนี้จะใช้ระยะเวลาในกระบวนการงอกอากาศของถั่วเหลือง 19 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และหยุดปฏิบัติการงอกด้วยการคั่วต่อไป

การอบแห้งด้วยการคั่ว

ซึ่งถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอก 800 กรัม ใส่เครื่องคั่ว (IMEX, Korea) อบแห้งที่อุณหภูมิอากาศร้อน 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 นาที วัดปริมาณความชื้นหลังอบแห้งทันที หลังจากครบเวลาที่กำหนดลดอุณหภูมิถั่วเหลืองที่ผ่านการคั่ว ด้วยลมเย็น ณ อุณหภูมิห้อง จนอุณหภูมิของถั่วเหลืองเท่ากับอุณหภูมิห้อง และทำเช่นเดิมที่เวลา 7 และ 8 นาที

การหาปริมาณความชื้น

การหาความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองโดยมาตรฐานของ AAAC¹¹ มีขั้นตอนการทดลองดังนี้ ชั่งน้ำหนักของถั่วเหลือง 50 กรัม ใส่ในกระป๋องความชื้น (moisture can) อบลมร้อนอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นใส่ในโถดูดความชื้น 45 นาที ชั่งน้ำหนักอีกครั้งจนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่แล้วคำนวณเป็นความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db.) ด้วยค่าเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

การวิเคราะห์ปริมาณเจนีสทินและไดซีอิน

การสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเจนีสทินและไดซีอินตามวิธีการของ Lee *et al.*¹² วิเคราะห์หาปริมาณเจนีสทินและไดซีอิน ด้วยเครื่อง High pressure liquid chromatography (HPLC) ดัดแปลงจากวิธีการของ Akitha Devi *et al.*¹³ สภาวะของเครื่อง HPLC ที่ใช้ ดังนี้ 1) คอลัมน์ Inertsil ODS-3 ขนาด 4.6 x 250 มิลลิเมตร 2) acetonitrile H₂O + 0.1% glacial acetic acid อัตราส่วน 25:75 3) อัตราการไหล 1.0 มิลลิตรต่อนาที 4) ปริมาตรที่ใช้ 20 ไมโครลิตร และ 5) ค่าการดูดกลืนแสงที่ 254 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย หน่วยเป็น mg/100 g น้ำหนักแห้ง

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Folin-Ciocalteu method ตามวิธีการของ Skerget *et al.*¹⁴ ใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย หน่วยเป็น mg GAE/g extract โดยการเติมสาร Folin-Ciocalteu 2.5 มิลลิตร ลงในสารสกัดตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมน้ำละลาย 7.5% Na₂CO₃ 2 มิลลิตร นำไป incubated ที่ 50 องศาเซลเซียส 5 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

1. วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity ตามวิธีการของ Maisuthisakul *et al.*¹⁵ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย หน่วยเป็น % inhibition DPPH โดยเติมน้ำละลาย DPPH 3.9 มิลลิตร

ลงในสารสกัดตัวอย่าง 0.1 มิลลิตร เก็บไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร

2. วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay ตามวิธีการของ Benzie และ Strain¹⁶ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย หน่วยเป็น $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g extract}$ โดยการเติมสาร FRAP 950 ไมโครลิตร ลงในสารสกัดตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองนี้มีแผน แบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยการวิเคราะห์จะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และผลการทดลองวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งหมด ด้วยสถิติ One-way ANOVA กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษา

ความชื้นหลังการคั่ว

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของถั่วเหลืองเริ่มงอก พบว่า ความชื้นเริ่มต้นของถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการงอก 23 ชั่วโมง เฉลี่ยเท่ากับ $173.58 \pm 0.55\%$ db. และเมื่อผ่านการคั่วที่อุณหภูมิคงที่ 200 องศาเซลเซียส ที่ 6 นาที 7 นาที และ 8 นาที ความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ $13.39 \pm 0.25\%$ db., $7.43 \pm 0.10\%$ db. และ $3.65 \pm 0.04\%$ db. ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Moisture content of roasting germinated soybean at various time

drying time	moisture content (% db.)
0 min	173.58 ± 0.55^a
6 min	13.39 ± 0.25^b
7 min	7.43 ± 0.10^c
8 min	3.65 ± 0.04^d

Different superscripts mean that the values are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Genistein and daidzein content of roasting germinated soybean at various time

Drying time	genistein content (mg/100 g dry weight)	daidzein content (mg/100 g dry weight)	total content (mg/100 g dry weight)
raw soybean*	6.02 ± 0.03 ^c	3.42 ± 0.03 ^e	9.44 ± 0.01 ^d
0 min	15.02 ± 0.05 ^b	12.14 ± 0.20 ^d	27.16 ± 0.25 ^c
6 min	16.25 ± 0.17 ^b	15.41 ± 0.20 ^c	31.66 ± 0.04 ^b
7 min	18.04 ± 0.17 ^a	17.35 ± 0.25 ^b	35.40 ± 0.11 ^a
8 min	18.34 ± 0.11 ^a	18.34 ± 0.13 ^a	36.69 ± 0.15 ^a

Different superscripts mean that the values are significantly different ($p < 0.05$)

*not germinated and not roasting

Table 3 Total phenolic content, FRAP content and inhibition DPPH of roasting germinated soybean at various time

Drying time	total phenolic content (mg GAE/g extract)	FRAP content (μmol FeSO4/g extract)	inhibition DPPH (%)
raw soybean*	0.19 ± 0.13 ^c	0.75 ± 0.27 ^c	34.23 ± 0.12 ^c
0 min	0.23 ± 0.02 ^b	0.81 ± 0.03 ^c	35.52 ± 0.05 ^c
6 min	0.36 ± 0.06 ^a	1.39 ± 0.07 ^b	44.09 ± 0.37 ^b
7 min	0.38 ± 0.03 ^a	1.53 ± 0.14 ^a	44.82 ± 0.18 ^b
8 min	0.39 ± 0.06 ^a	1.63 ± 0.23 ^a	51.31 ± 0.21 ^a

Different superscripts mean that the values are significantly different ($p < 0.05$)

*not germinated and not roasting

ปริมาณเจนิสทินและไดซีอิน

Table 2 แสดงปริมาณเจนิสทินและไดซีอินของถั่วเหลืองเริ่มงอกที่ผ่านการคั่วที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่า ปริมาณเจนิสทินและไดซีอินของถั่วเหลืองดิบ (raw soybean) ที่ไม่ผ่านกระบวนการงอกและการคั่ว เท่ากับ 6.02 ± 0.03 และ 3.42 ± 0.03 mg/100 g มวลแห้ง ตามลำดับ เมื่อผ่านกระบวนการงอก ปริมาณเจนิสทินและไดซีอิน เพิ่มขึ้นเป็น 15.02 ± 0.05 และ 12.14 ± 0.20 mg/100 g มวลแห้ง ตามลำดับ และเมื่อผ่านการคั่วที่ 6, 7 และ 8 นาที ปริมาณเจนิสทินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 16.25 ± 0.17 , 18.04 ± 0.17 และ 18.34 ± 0.11 mg/100 g มวลแห้ง ตามลำดับ ส่วนปริมาณไดซีอินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็น 15.41 ± 0.20 , 17.35 ± 0.25 และ 18.34 ± 0.13 mg/100 g มวลแห้ง ตามลำดับ

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

Table 3 แสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของ ถั่วเหลืองเริ่มงอกที่ผ่านการคั่วที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น (0.36-0.39 mg GAE/g extract) เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองดิบ (0.19 mg GAE/g extract) และมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละระยะของการคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ FRAP มีค่าเพิ่มขึ้น (1.39-1.63 μmol FeSO4/g extract)

เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองดิบ (0.75 μmol FeSO4/g extract) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ ผลจากการวิเคราะห์ DPPH radical scavenging activity มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (%inhibition DPPH เท่ากับ 44-51) เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองดิบ (%inhibition DPPH เท่ากับ 34)

วิจารณ์และสรุปผล

การศึกษาผลของการคั่วต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองเริ่มงอก คือ ปริมาณเจนิสทิน ไดซีอิน ฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน พบว่า เวลาการคั่วให้แห้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความชื้นภายในเมล็ดลดลง ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิเมล็ดและอุณหภูมิในการคั่วต่างกันมาก มีผลค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้น้ำระเหยออกจากวัตถุดิบได้รวดเร็วขึ้น¹⁷

ปริมาณเจนิสทินและไดซีอินของถั่วเหลืองเริ่มงอกที่ผ่านการคั่วที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองดิบ Niamnuy *et al.*¹⁸ อธิบายว่าปริมาณไอโซฟลาโวน (เจนิสทินและไดซีอิน) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นระหว่างการอบแห้ง โดยอนุพันธ์ malony-β-glucosides และ acetyl-β-glucosides มีค่าลดลง ส่วน β-glucosides และ aglycones มีค่าเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยของ Lee และ Lee (2009)¹⁰ รายงานว่าโดยทั่วไประดับพลังงาน ความร้อนที่ใช้และ

ปริมาณความชื้นในตัวอย่างมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไอโซฟลาโวน และการกระจายตัวของไอโซฟลาโวนในอาหารถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกรรมวิธี และความเสถียรของอนุพันธ์เจนิสทินและไดซีอินนั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการทดลอง

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของถั่วเหลืองเริ่มงอกที่ผ่านการคั่วที่เวลาต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองดิบ Kim *et al.*¹⁹ อธิบายว่ากระบวนการให้ความร้อนมีผลต่อการส่งเสริมสุขภาพโดยการเพิ่มความสามารถ antioxidant activity ให้มีมากขึ้น และผลการทดลองปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อผ่านการคั่วขึ้น เนื่องมาจากในถั่วเหลืองมีสารจำพวก phytochemicals ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิก ชนิดหนึ่งที่อยูบริเวณผนังและเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ความร้อนที่ได้จากการอบแห้งจะทำให้ลายพันธะเคมีของโพลีฟีนอลภายในเมล็ดถั่ว ทำให้สารประกอบฟีนอลิกหลุดออกจาก glycoside phenylpropanoid esters มากขึ้น²⁰ จึงมีผลทำให้ปริมาณฟีนอลิกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการอบแห้งที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ ส่วนปริมาณ FRAP และ %inhibition DPPH มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองดิบ สอดคล้องงานวิจัยของ Niamnuy *et al.*¹⁸ พบว่าปริมาณ FRAP และ %inhibition DPPH มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการอบแห้ง จากผลการทดลองถั่วเหลืองเริ่มงอกเมื่อผ่านการคั่ว ความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากขึ้นนั้น เนื่องจากความร้อนที่ได้จากการอบแห้งไปกระตุ้นสารภายในเมล็ดถั่วเหลือง เช่น วิตามินอี และสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส¹⁰ เมื่อได้รับความร้อนประกอบกับภายในเมล็ดถั่วเหลืองมีน้ำและความชื้น ทำให้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดได้ดี ส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิทุกอุณหภูมิ นอกจากนี้ Akitha Devi *et al.*¹³ รายงานว่า ปริมาณฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับปริมาณไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง โดยเฉพาะไดซีอินและเจนิสทิน ถ้ามีปริมาณไอโซฟลาโวนมากก็จะพบว่ามีปริมาณฟีนอลิกมากเช่นเดียวกัน

จากการการศึกษาผลของการอบแห้งด้วยการคั่วต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่วเหลืองเริ่มงอก สรุปได้ว่าปริมาณเจนิสทิน ปริมาณไดซีอิน ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองดิบ ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย นวัตกรรม และการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เอกสารอ้างอิง

1. คัตนางค์ ทองสุก. ถั่วเหลืองอาหารสุขภาพ. วารสารอาหาร 2542; 3: 212-3.
2. Nishimura M, Ohkawara T, Sato Y, Satoh H, Takahashi Y, Hajika M, et al. Improvement of triglyceride levels through the intake of enriched- β -conglycinin soybean (nanahomare) revealed in a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Nutrients* 2016; 8(8): 1-14.
3. Tranche S, Brotons C, Pascual de la Pisa B, Macías R, Hevia E, Marzo-Castillejo M. Impact of a soy drink on climacteric symptoms: an open-label, crossover, randomized clinical trial. *Gynecol Endocrinol* 2016; 32(6): 477-82.
4. Nahas EA, Nahas-Neto J, Orsatti FL, Carvalho EP, Oliveira ML, Dias R. Efficacy and safety of a soy isoflavone extract in postmenopausal women: a randomized, double-blind, and placebo-controlled study. *Maturitas* 2007; 58(3): 249-58.
5. Albert A, Altabre C, Baró F, Buendía E, Cabero A, Cancelo MJ, et al. Efficacy and safety of a phytoestrogen preparation derived from Glycine max (L.) Merr in climacteric symptomatology: a multicentric, open, prospective and non-randomized trial. *Phytomedicine* 2002; 9(2): 85-92.
6. Morabito A, Crisafulli A, Vergara C, Gaudio A, Frisina N, D'Anna R, et al. Effect of genistein and hormone-replacement therapy on bone loss in early postmenopausal women: a randomized double-blind placebo-controlled study. *J Bone Miner Res* 2002; 17(10): 1904-12.
7. Stewart OJ, Raghavan GSV, Orsat V, Golden KD. The effect of drying on unsaturated fatty acids and trypsin inhibitor activity in soybean. *Process Biochem* 2003; 39: 483-9.
8. Taechapairoj C, Kaewyot K. Effects of hot-air fluidized-bed drying on cooking quality, antioxidant activity and bioactive compounds in germinated brown rice. *Science, Engineering and Health Studies* 2020; 14(1): 62-72.

9. กรุณา วงษ์กระจ่าง, พัชรี ตั้งตระกูล, รัชมี ศุภศิริ, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, ชมดาว สิกขะมณฑล, สมจิต อ่อนเหม. รายงานการวิจัย เรื่อง ผลกระทบที่ต่ำหัวและนมถั่วเหลืองที่มีสาร GABA สำหรับผู้สูงอายุ. ได้จาก: <http://research.ifrpd.ku.ac.th/attachFile/1251/20160805112022.pdf>. 8 กรกฎาคม 2560.
10. Lee SW, Lee JH. Effects of oven-drying, roasting and explosive puffing process on isoflavones distributions in soybean. *Food Chem* 2009; 112: 316-20.
11. American Association Cereal Chemistry. Approved methods of the American Association Cereal Chemistry. 9th ed. St. Paul; 1995.
12. Lee SJ, Sequin P, Kim JJ, Moon HI, Ro HM, Kim EH, et al. Isoflavones in Korean soybean differing in seed coat and cotyledon color. *J Food Compos Anal* 2010; 23: 160-5.
13. Akitha Devi MK, Gondi M, Sakthivelu G, Giridhar P, Rajasekaran T, Ravishankar GA. Function attributes of soybean seeds and products, with reference to isoflavone content and antioxidant activity. *Food Chem* 2009; 114: 771-6.
14. Skerget M, Kotnit P, Hadolin M, Hras AR, Simonic M, Knez Z. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant material and their antioxidant activity. *Food Chem* 2005; 89: 191-8.
15. Maisuthisakul P, Suttajit M, Pongsawatmanit R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chem* 2007; 100: 1409-18.
16. Benzie IFF, Stain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Anal Biochem* 1996; 236: 70-6.
17. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2540.
18. Niammuy C, Nachaisin M, Laohavanich J and Devahastin S. Evaluation of bioactive compounds and bioactivities of soybean dried by different methods and condition. *Food Chem* 2011; 129: 889-906.
19. Kim HG, Kim GW, Oh H, Yoo SY, Kim YO, Oh MS. Influence of roasting on the antioxidant activity of small black soybean (*Glycine max* L. Merrill). *LWT-Food Sci Technol* 2011; 44: 992-8.
20. Dewanto V, Wu X, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 2002; 50: 4959-64.