การพัฒนาเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอก*

นิอร ชุมศรี**, ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์**, ทวิวรรณ สารีบท**, เกรียงไกร การชัยศรี**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มจากเมล็ดถั่วรวมผ่านการเพาะงอก (ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดงและถั่วดำ) โดยศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ในระหว่างการเพาะงอก พัฒนาสูตรการผลิตเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอกโดยประเมินคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอก จากการศึกษาพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH) ของถั่วที่ผ่านการงอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่องอกครบ 24 ชั่วโมงเปรียบเทียบกับถั่วที่ไม่ผ่านการเพาะงอก โดยในถั่วแดงและถั่วเขียวพบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าในขั้นตอนการเพาะงอก การพัฒนาสูตรเครื่องดื่ม พบว่าถั่วที่ผ่านการเพาะงอกต่อถั่วชนิดเดียวกันที่ไม่ผ่านการเพาะงอกที่อัตราส่วน 1.67:1 เป็นสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสดีที่สุด โดยมีพลังงานรวม 35.67 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน (1.50%) คาร์โบไฮเดรต (7.13%) ไขมัน (0.14%) ใยอาหาร (0.92%) เถ้า (0.26%) และความชื้น (91.08%) ค่าการดูดซับอนุมูลอิสระของออกซิเจน (Oxygen radical absorbance capacity, ORAC) เท่ากับ 774.69 μmole TE และสารประกอบกรดแกมมา-อะมิโนบิวไทริก (กาบา) มีปริมาณเท่ากับ 1.07 mg/100 g. ปริมาณยีสต์และรา และโคลิฟอร์มไม่เกินมาตรฐานตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ประเทศไทย

คำสำคัญ : ถั่ว, การเพาะงอก, สารต้านอนุมูลอิสระ

---

* ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

** อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน

Corresponding author email : ni-ornch@christian.co.th

Received : August 6, 2019; **Revised :** October 22, 2019; **Accepted** : October 25, 2019

The Development of Mix-Germinated Legumes Drink*

Ni-orn Chumsri **, Supphasit Aroonrungsawasdi **, Tawiwan Sareebot **, Kriangkrai Karnchaisri **

Abstract

This research aimed to develop the drink from mix-germinated legumes (mung beans, soybeans, kidney beans, and black beans) and purposed to study DPPH radical scavenging activity during germination, develop the appropriated formula by using sensory evaluation and examine the chemical composition and microbiological contents of mix-germinated legumes drinks. DPPH scavenging activity of legumes tended to elevate after 24 hours germination while the antioxidant activity in kidney beans and mung beans increased about twofold during germination process. The appropriate mix-germinated legumes formula product receiving the highest sensory score was the ratio of germinated and non-germinated legumes at 1.67: 1. It contained 35.67 kcal/100 g which composed of protein (1.50%), carbohydrate (7.13%), total fat (0.14%), crude fiber (0.92%), ash (0.26%) and moisture (91.08%). γ-aminobutyric acid (GABA) in product was 1.07 mg/ 100 g while the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) was 774.69 µmole TE. Moreover, Yeast and mold, and coliform examination were within the limit according to the microbiological specifications of Food and Drug administration of Thailand.

Keywords: Legumes, Germination, Antioxidants

* This research was supported by the Office of the Higher Education Commission in the theme of *research and innovation* for transfer technology to rural *community* project

**Instructor, Faculty of Health Science, Christian University of Thailand
Corresponding author email : ni-ornch@christian.co.th

Received : August 6, 2019; **Revised :** October 22, 2019; **Accepted** : October 25, 2019

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

พืชตระกูลถั่ว (legumes) เป็นแหล่งโปรตีน ใยอาหาร วิตามินและแร่ธาตุชนิดต่างๆ ได้แก่ สังกะสี แคลเซียมและแมกนีเซียม (Iqbal et al., 2006) และยังเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่อุดมไปด้วยใยอาหารซึ่งมีผลช่วยป้องกันภาวะหรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็นโดยมีไลซีนสูงซึ่งต่างจากในอาหารจำพวกธัญชาติชนิดอื่นที่มีไลซีนต่ำ ขณะเดียวกันถั่วเหลืองจะมีปริมาณของเมทไธโอนีนต่ำ นอกจากนี้ถั่วเหลืองประกอบด้วย 5-conglycine (7S globulin) และ Glycinin (11S globulin) ถั่วเขียวประกอบด้วยกรดอะมิโน ลูซีน (Leucine) และไลซีน (Lysine) ในปริมาณที่สูง (กฤติกา บูรณโชคไพศาล, 2555) โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวมีอัตราส่วนกรดอะมิโนจำเป็นอาร์จินีนต่อไลซีนสูง จากรายงานวิจัยพบว่าโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลรวมในเลือดหนูแฮมสเตอร์ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม และลดระดับไตรกลีเซอไรด์ และลิโปรโปตีนที่ไม่ใช่เอชดีแอล-คอเลสเตอรอล (non-HDL-c) ในเลือดได้ (Yao, Zhu, & Guixing, 2014) ถั่วแดงเป็นแหล่งของโปรตีน มีไขมันต่ำแต่มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง มีใยอาหารชนิดละลายน้ำสูงและมีน้ำตาลอะราบิโนส (Arabinose) กาแลคโทส(Galactose) แมนโนส (Mannose) รวมทั้งกรดกาแลคตูโรนิก (Galacturonic acid) เป็นองค์ประกอบ (Kan et al., 2017) นอกจากนี้ ยังพบสารอาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่เป็นแป้งที่ทนการย่อย (resistant starch) โดยมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินสูง (Messina, 2014) ถั่วดำเป็นถั่วที่มีสารประกอบแอนโธไซยานินให้สีดำเข้มที่เปลือก และมีสารประกอบฟลาโวนอยด์และซาโปนิน ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีผลป้องกันโรคเรื้อรัง (Guajardo-Flores et al., 2014)

กระบวนการเพาะงอกธัญพืชสามารถทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้นรวมทั้งปริมาณของวิตามินและแร่ธาตุ โดยธัญพืชที่ผ่านการงอกจะอุดมด้วยวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี โคลีน วิตามินเอ โทโค เฟอรอล กรดเพนโทเธนิกและสารต้านอนุมูลอิสระ การเสริมมื้ออาหารที่มีโปรตีนจากถั่วที่หลากหลาย ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดงและถั่วดำ จึงเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะเมื่อนำถั่วชนิดต่างๆ เหล่านี้มาผ่านกระบวนการงอก (Germination) จะทำให้ได้ปริมาณสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น เช่น กาบา หรือกรดแกมม่า-อะมิโนบิวไทริก (γ-aminobutyric acid, GABA) จากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชั่น (Decarboxylation) ของกรดกลูตามิก (Glutamic acid) จากการเร่งของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส (Glutamate decarboxylase) มีผลช่วยลดความดันโลหิตและลดระดับลิโปโปรตีนคอเลสเตอรอลความหนาแน่นต่ำและลดอาการอัลไซเมอร์ (จันทรพร ทองเอกแก้ว, 2558)

ทั้งนี้ จากการศึกษาระบาดวิทยาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของการบริโภคพืชตระกูลถั่วมีผลต่อการลดคอเลสเตอรอลและลดความเสี่ยงการเกิดโรคเรื้อรัง โดยทั่วไปในร่างกายจะมีระบบการต้านอนุมูลอิสระหรือมีเอนไซม์บางชนิดที่ออกฤทธิ์ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ กลูต้าไทโอน (Glutathione) อัลบูมิน (Albumin) ทรานเฟอริน (Transferrin) บิลิรูบิน (Bilirubin) ซิสเตอีน (Cysteine) คะตะเลส (catalase) และซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) เป็นต้น นอกจากนี้ร่างกายควรได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากอาหาร ถั่วเป็นแหล่งของใยอาหารซึ่งการบริโภคถั่วครึ่งถ้วยจะได้รับใยอาหารระหว่าง 5.2 – 7.8 กรัมซึ่งสูงกว่าใยอาหารที่มาจากธัญพืชเต็มเมล็ด (whole grains) โดยเป็นแหล่งของใยอาหารชนิดละลายน้ำ จากการศึกษาของ National Cholesterol Education Program พบว่าการบริโภคใยอาหาร

ชนิดละลายน้ำ 5-10 กรัมต่อวันมีผลช่วยให้แอลดีแอล-คอเลสเตอรอล (LDL-c) ลดลงประมาณร้อยละ 5 จากรายงานของ Messina (2014) พบว่าในถั่วดำ 86 กรัม มีใยอาหาร 7.50 กรัม และในถั่วแดง 88.50 กรัม มีใยอาหาร 5.70 กรัม

สำหรับประเทศไทยถั่วที่หาซื้อได้ง่ายและราคาไม่สูงเกินไป เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดง และถั่วดำเป็นอาหารที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายทั้งหุง ต้ม รับประทานโดยตรงหรือเป็นส่วนประกอบในอาหารคาวหวานชนิดต่างๆ การนำมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มถั่วรวมจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สะดวกต่อการบริโภค อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและมีสารประกอบที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของถั่วที่ผ่านการงอกและพัฒนาสูตรเครื่องดื่มจากถั่วรวมผ่านการเพาะงอกเพื่อเป็นอาหารเชิงฟังก์ชันที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการต่อต้านการเกิดโรคเรื้อรัง

วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเหลืองและถั่วดำในขั้นตอนการงอกที่ 24 ชั่วโมง

2.2 เพื่อพัฒนาสูตรการผลิตเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการงอกโดยประเมินคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส และศึกษาองค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ ปริมาณสารประกอบกาบา (GABA) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการงอก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างเพื่อการเพาะงอก (ดัดแปลงจากศิริพรและคณะ, 2559) **และการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของถั่วที่ผ่านการเพาะงอก**

นำถั่วทั้ง 4 ชนิดได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดงและถั่วดำ ล้างทำความสะอาด แช่น้ำเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เตรียมงอกในตะกร้า เกลี่ยให้กระจายออกจากกันไม่ให้ซ้อนกัน คลุมด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำให้ชุ่ม วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดเก็บตัวอย่าง บดและปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (diphenyl-picryhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, DPPH assay) (ดัดแปลงจาก Fan et al., 2006) ถั่วที่ผ่านการเพาะงอกครบ 24 ชั่วโมง นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาสูตรเป็นเครื่องดื่มถั่วรวมผ่านการเพาะงอกต่อไป

2. การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มถั่วรวมผ่านการเพาะงอก

ทำการแปรอัตราส่วนถั่วรวมที่ผ่านการเพาะงอกจากข้อ 1 (ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วเหลืองและถั่วดำ) และถั่วที่ไม่ผ่านการเพาะงอก (ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วเหลืองและถั่วดำ) ทั้งนี้ในการพัฒนาสูตรได้มีการผสมถั่วที่ไม่ผ่านการเพาะงอก เนื่องจากในการทดลองเบื้องต้นมีการใช้ถั่วที่ผ่านการเพาะงอกทั้งหมด พบว่ามีกลิ่นรสและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงได้ทำการแปรผันสัดส่วนของถั่วที่ไม่ผ่านการงอกเข้าไปในส่วนผสม โดยมีจำนวน 3 สูตรซึ่งมีอัตราส่วนของถั่วเมล็ดรวมที่ผ่านการเพาะงอกและถั่วที่ไม่ผ่านการเพาะงอก เท่ากับ 7:1 3:1 และ 1.67:1 แสดงดังตารางที่ 1 เติมน้ำ 1500 มิลลิกรัม น้ำตาลมะพร้าวออร์แกนิกส์ร้อยละ 5 พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ด้วยเครื่องผลิตเครื่องดื่มธัญพืช (ยี่ห้อ Versasu รุ่น Nutripot) กรองแยกกากด้วยตะแกรง บรรจุลงในขวดพลาสติกทนความร้อนผ่านการลวก ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสและเก็บไว้ในตู้เย็น ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากผู้ชิมจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 20-65 ปี

สูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000) และวิเคราะห์ทางกายภาพโดยการวัดสีของเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอก ปริมาณสารประกอบกาบาโดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (Heems et al., 1998) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มด้วยวิธีการดูดซับอนุมูลอิสระของออกซิเจน (Oxygen radical absorbance capacity, ORAC) (Ou *et al*., 2001) และวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม (BAM, 2002) ตามข้อกำหนดอาหารในผลิตภัณฑ์บรรจุที่ปิดสนิท สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ประเทศไทย (กระทรวงสาธารณสุข, 2556)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอกและถั่วเมล็ดรวมที่ไม่ผ่านการเพาะงอก

สูตรที่	**ถั่วรวมผ่านการงอก (กรัม)**	ถั่วรวมที่ไม่ผ่านการงอก **(กรัม)**
1	140 (ถั่วแต่ละชนิดมีปริมาณ 35 กรัม)	20 (ถั่วแต่ละชนิดมีปริมาณ 5 กรัม)
2	120 (ถั่วแต่ละชนิดมีปริมาณ 30 กรัม)	40 (ถั่วแต่ละชนิดมีปริมาณ 10 กรัม)
3	100 (ถั่วแต่ละชนิดมีปริมาณ 25 กรัม)	60 (ถั่วแต่ละชนิดมีปริมาณ 15 กรัม)

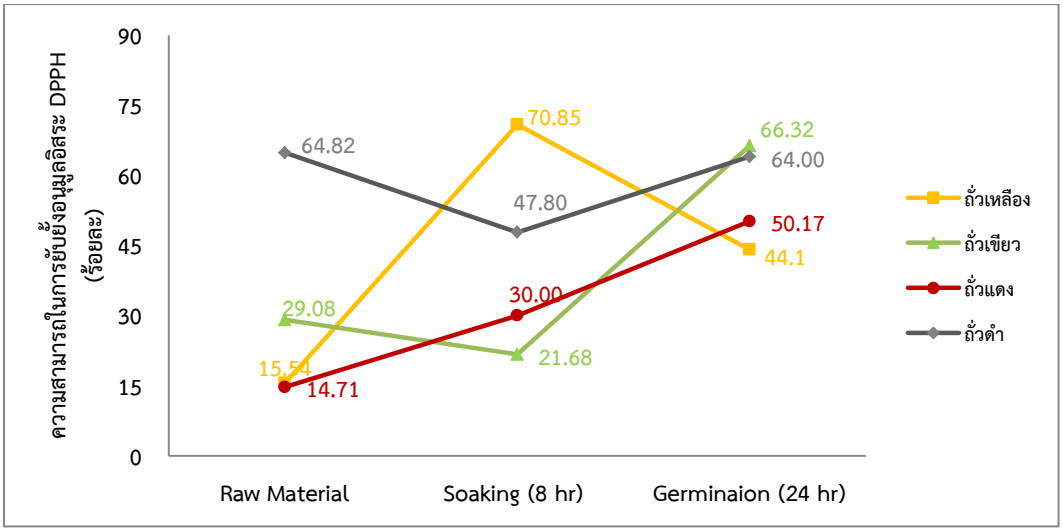
หมายเหตุ: ถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอก(ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำและถั่วเหลือง)ถั่วเมล็ดรวมที่ไม่ผ่านการเพาะงอก (ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำและถั่วเหลือง)

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

คุณสมบัติทางเคมีและจุลชีววิทยา วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (analysis of variance , ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการเพาะงอกต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของถั่วชนิดต่างๆ สารละลายดีพีพีเอช (DPPH) เป็นสารอนุมูลอิสระมีสีม่วงแดง เมื่อทดสอบกับสารสกัดที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จะทำให้สีม่วงแดงของดีพีพีเอชจางลง โดยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดงและถั่วดำ ทั้งนี้ในขั้นตอนดังกล่าวพบว่ามีการงอกของรากจากต้นอ่อน (embryonic root) เกิดขึ้นในถั่ว โดยมีร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 66.32 44.10 50.17 และ 64.00 ตามลำดับ ความสามารถของถั่วในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่องอกครบ 24 ชั่วโมง ยกเว้นถั่วดำที่มีความสามารถในการต้านอนุมลอิสระลดลงเล็กน้อย โดยในถั่วเขียวและถั่วแดง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจากถั่วที่ยังไม่ผ่านการงอกประมาณ 2 เท่า ขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วเหลืองมีค่าสูงสุดในขั้นตอนการแช่น้ำ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ในถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดงและถั่วดำที่ไม่ผ่านการงอก (Raw material) ถั่วแช่น้ำที่ 8 ชั่วโมง (Soaking) และถั่วที่ผ่านการงอกที่ 24 ชั่วโมง (Germination)

2. ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มถั่วรวมผ่านการเพาะงอก

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอก แสดงผลดังตารางที่ 2 เครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอกในสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่นำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป โดยได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าสูตรที่ 2 แม้ว่าจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการงอกในสูตรที่ 3 มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 91.08±0.10 7.13±0.00 และ 1.50±0.01 ตามลำดับ เครื่องดื่มมีปริมาณไขมันต่ำโดยมีปริมาณเท่ากับ ร้อยละ 0.14±0.01 มีใยอาหาร 0.92±0.00 และปริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 0.26 ทั้งนี้เครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการงอกมีพลังงานรวมเท่ากับ 35.67 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระของออกซิเจน (Oxygen radical absorbance capacity, ORAC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 774.69 µmole TE/100 mL และมีปริมาณสารประกอบกาบาเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณยีสต์และรา และโคลิฟอร์มไม่เกินข้อกำหนดอาหารในผลิตภัณฑ์บรรจุที่ปิดสนิท คณะกรรมการอาหารและยา ประเทศไทย เครื่องดื่มถั่วรวมผ่านการงอกมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 32.25 ค่าการแสดงออกช่วงสีเขียวถึงสีแดง (-a* ถึง +a*) เท่ากับ 1.68 และค่าการแสดงออกช่วงสีน้ำเงินถึงสีเหลือง (-b* ถึง +b*) เท่ากับ 3.06

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอก

คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส	เครื่องดื่มถั่วรวมผ่านการงอก		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	3.43[b]	4.30[a]	4.03[a]
รสชาติ	3.36[a]	3.63[a]	3.86[a]
เนื้อสัมผัส	3.33[b]	3.87[a]	4.03[a]
ความชอบโดยรวม	3.37[b]	3.90[a]	4.23[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a b ที่ต่างกันตามแนวนอน หมายถึง ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

การอภิปรายผล

1. การเพาะงอกต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของถั่วชนิดต่างๆ

จากการทดลองพบว่าถั่วที่ผ่านการเพาะงอกเมื่อครบระยะเวลา 24 ชั่วโมงมีแนวโน้มของความสามารถในการต้านอนมูลอิสระ DPPH สูงกว่าวัตถุดิบเริ่มต้น ทั้งนี้อาจเกิดจากเมื่อระยะเวลาการงอกและสภาวะในการงอกที่เหมาะสม ส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญเพิ่มขึ้นจากการกระบวนเมแทบอไลต์ของพืชมีการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลที่ยึดจับไว้ที่ผนังเซลล์ (Randhir *et al*., 2004) ทำให้ปริมาณสารสำคัญเพิ่มขึ้น จากรายงานของ Sangronis และคณะ (2006) พบว่ากระบวนการเพาะงอกทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณของวิตามินและแร่ธาตุ โดยธัญพืชที่ผ่านการเพาะงอกจะอุดมด้วยวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี โคลีน วิตามินเอ โทโคฟีรอล และกรดเพนโทเธนิก นอกจากนี้พบว่ากระบวนการเพาะงอกส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารอาหารและวิตามิน ในถั่วชนิดต่างๆ ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถเพิ่มสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และเปปไทด์ (Randhir *et al*., 2004) จากการศึกษาของ Wongsiri และคณะ (2015) พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) ของถั่วเขียวที่ผ่านการเพาะงอกที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 31.23 และ 61.27 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบโพลีฟีนอลในถั่วเหลืองที่ผ่านการงอกที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการทำงานของเอนไซม์กลุ่มเบต้ากลูโคซิเดสทำให้เกิดสารประกอบที่มีผลดีต่อสุขภาพได้แก่ สารประกอบ daidzein และ genistein (กรุณา วงษ์กระจ่าง และคณะ, 2553) อย่างไรก็ตามความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในขั้นตอนการงอกในถั่วดำและถั่วเขียวมีแนวโน้มการลดลงในการแช่ ทั้งนี้อาจเกิดจากการแช่น้ำมีการละลายออกของสารสีของเปลือกถั่ว (สังเกตจากน้ำที่ใช้ในการแช่มีสีของเปลือกถั่ว) เช่น สารประกอบแอนโธไซยานิน รวมทั้งการรั่วออกขององค์ประกอบภายในของถั่วในขั้นตอนการแช่น้ำ อาจส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง

ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของสารต้านอนุมูลอิสระในขั้นตอนการเพาะงอก อาจมีระยะเวลาที่แตกต่างกัน จากการศึกษาของ Xue และคณะ (2016) พบว่าการงอกถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วดำมีระยะเวลาในการงอกที่เหมาะสม 3-5 วัน ที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อย่างไรก็ตามเมื่อเริ่มกระบวนการงอกจะมีปริมาณสารประกอบโปรตีนที่ละลายในน้ำ สารประกอบฟลาโวนอยด์โดยรวมมีแนวโน้มคงที่ ขณะที่วิตามินอีและวิตามินซีมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลมีค่าเพิ่มขึ้นในระยะแรกและค่อยๆลดลงเมื่อระยะเวลางอกเพิ่มขึ้น จากรายงานของ Huang และคณะ (2014) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจลนศาสตร์ของการงอกถั่วเหลืองและถั่วเขียวต่อสารอาหารและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน พบว่าสารประกอบฟีนอล กรดแอสคอร์บิกและ ไอโซฟลาโวน มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการเพาะงอก โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพาะงอกถั่วเหลืองที่ปริมาณสารประกอบไอโซฟลาโวนเพิ่มสูงสุดคือ 3 วัน

2. การศึกษาการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการงอก

ปริมาณถั่วที่ผ่านการเพาะงอกที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาจส่งผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะลดลงจากกลิ่นรสเฉพาะของถั่วที่ผ่านการเพาะงอก โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีถั่วที่ผ่านการเพาะงอกในสัดส่วนสูงสุด องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มถั่วเมล็ดรวมผ่านการเพาะงอกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เกิดจากความสามารถของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากถั่วเมล็ดรวมที่ผ่านการเพาะงอกและไม่ผ่านการเพาะงอกทั้ง 4 ชนิด โดยในกระบวนการเพาะงอกมีการพัฒนาสารอาหารและสาระสำคัญในพืชตระกูลถั่ว ทั้งนี้กระบวนการงอกเป็นกระบวนการที่มีผลต่อการพัฒนาสารอาหารและ

สารสำคัญในพืชตระกูลถั่ว ซึ่งสารต้านออกซิเดชันมีความสามารถในการป้องกันการเกิดความเสียหายต่อเซลล์ของร่างกายมนุษย์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยกระบวนการเพาะงอกทำให้สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอลเพิ่มขึ้น โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะอยู่ระหว่างผิวเมมเบรนที่มีองค์ประกอบของไขมันและน้ำ ซึ่งมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระทั้งในและนอกเซลล์ ทั้งนี้สาระสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเครื่องดื่มถั่วรวมผ่านการเพาะงอกอาจเกิดจากสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในถั่วและมีบทบาทสำคัญในการต่อการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดรวมถึงโรคมะเร็ง รวมทั้งสารประกอบแอนโทไซยานินในเปลือกถั่วดำและถั่วแดง มีความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยในเปลือกถั่วดำจะพบสารประกอบกลุ่มแอนโธไซยานิน ได้แก่ Cyanidin 3,5-diglucoside Delphinidin 3-glucoside Cyanidin 3-glucoside Petunidin 3-glucoside และ pelargonidin 3-glucoside (Choung et al., 2001) รวมถึงรายงานของ Guajardo-Flores และคณะ (2014) พบว่ากระบวนการเพาะงอกที่ 10 ชั่วโมง สามารถเพิ่มปริมาณ Kaemferol-3*O*-glucoside ได้ในถั่วดำ ขณะที่ระยะเวลาในการเพาะงอกที่เหมาะสมส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Xue *et al*., 2016) อย่างไรก็ตาม สารประกอบกาบาเกิดการสูญเสียไปในกระบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อน จากรายงานของ Tiansawang และคณะ (2016) พบว่า ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วดำ และงาที่ผ่านการงอก มีปริมาณสารกาบาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผ่านการแปรรูปด้วยการต้ม นึ่ง อบและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

เครื่องดื่มถั่วรวมผ่านการเพาะงอกจัดเป็นอาหารให้พลังงานต่ำและมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนและมีไขมันต่ำซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารว่างระหว่างมื้อโดยไม่ให้พลังงานสูงเกินไป ขณะที่ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มไม่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณเชื้อน้อยกว่า 1.1 MPN/100 ml ขณะที่ยีสต์และรามีเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 10 เท่า ทั้งนี้ปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นเกิน 5 วัน แต่ไม่เกินมาตรฐานตามข้อกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับ 356 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิท ซึ่งกำหนดไว้ให้พบยีสต์และราได้น้อยกว่า 100 ในเครื่องดื่ม 1 มิลลิลิตร ขณะที่ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มไม่เกินมาตรฐาน โดยตามข้อกำหนดระบุโคลิฟอร์มต้องน้อยกว่า 2.2 ในเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสุขลักษณะที่ดีในการผลิตและกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ซึ่งแนะนำเป็นอาหารว่างระหว่างมื้อสำหรับบุคคลทั่วไปโดยเป็นเครื่องดื่มที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

.....

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2556). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับ 356 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิท.* เล่ม 130 ตอนพิเศษ (87 ง.).

กรุณา วงษ์กระจ่าง พัชรี ตั้งตระกูล รัศมี ศุภศรี มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ ชมดาว สิกขะมณฑล และ สมจิต อ่อนเหม. (2553).*ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสาร GABA สำหรับผู้สูงอายุ* (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กฤติกา บูรณโชคไพศาล. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก. *ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร, 15*(2), 9-15.

จันทรพร ทองเอกแก้ว. (2558). คุณประโยชน์ของสารกาบาที่มีต่อสุขภาพ. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 43*(2), 205-211.

A.O.A.C. (2000). In Association of Official Analytical Chemists, (17th ed.). AOAC Inc. Arlington, Virginia, USA.

Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2002). *Microbiological Methods & Bacteriological Analytical Manual(online).*http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm.

Choung, M.G., Baek, I.Y., Kang, S.T., Han, W.Y., Shin, D.C., Moon, H.P., & Kang, K.W. (2001). Isolation and determination of anthocyanins in seed coats of black soybean (*Glycin max* (L.) Merr.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *49*(12), 5848–5851.

Fan, L., Zhang, S., Yu, L., & Ma, L. (2006). Evaluation of antioxidant property and quality of breads containing *Auricularia auricula* polysaccharide flour. *Food Chemistry, 101*(3), 1158-1163.

Guajardo-Flores, D., Serna-Guerrero, D., Serna-Saldivar, SO., & Jacobo-Velazquez, D. A. (2014). Effect of germination and UV-C radiation on the accumulation of flavonoids and saponins in black bean seed coats. *Cereal Chemistry Journal, 91*(3), 276–279.

Heems, D., Luck, G., Fraudeau, C. & Verette, E. (1998). Fully automated precolumn derivatization, on-line dialysis and high performance liquid chromatographic analysis of amino acids in food, beverages and feed stuff. *Journal of Chromatography A*, *798*(1-2), 9-17.

Huang, X., Cai, W., & Xu, B. (2014). Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. *Food Chemistry*, 143, 268–276.

Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N. & Khan, M. S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry, 97*(2), 331-335.

Kan, L., Nie, S., Hu, J., Wang, S., Cui, S. W., Li, Y., Xu, S., Wu, Y., Wang, J., Bai, Z., & Xie, M. (2017). Nutrients, phytochemicals and antioxidant activities of 26 kidney bean cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, 108, 467-477.

Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*. *100* (S1): 437S-442S.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M., & Prior, R. L. (2001). Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49*(10), 4919-4926.

Randhir, R., Lin, Y. T., & Shetty, K. (2004). Stimulation of phenolics, antioxidant and antimicrobial activities in dark germinated mung bean sprouts in response to Peptide and phytochemical elicitors. *Process Biochemistry*, *39*(5), 637–646.

Sangronis, E., Rodriguez, M., Cava, R., & Torres, A. (2006). Protein quality of germinated *Phaseolus vulgaris*. *European Food Research and Technology*, *222*(1), 144-148.

Tiansawang, K., Luangpituksa, P., Varanyanond, W., & Hansawasdi, C. (2016). GABA (γ-aminobutyric acid) production, antioxidant activity in some germinated dietary seeds and the effect of cooking on their GABA content. *Food Science and Technology (Campinas), 36*(2), 313-321.

Wongsiri, S., Ohshima, T., & Duangmal, K. (2015). Chemical composition, amino acid profile and antioxidant activities of germinated mung beans (*Vigna radiata*). *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(6), 1956–1964.

Xue, Z., Wang, C., Zhai, L., Yu, W., Chang, H., Kou, X., and Zhou, F. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activity of mung bean (*Vigna radiata* L.), soybean (*Glycine max* L.) and black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the germination process. *Czech Journal of Food Sciences. 34,*(1): 68–78.

Yao, Y., Zhu, Y., & Guixing. R. (2014). Mung bean protein increase plasma cholesterol by up-regulation of Hepatic HMG-CoA Reductase, and CYP7A1 in mRNA level. *Journal of Food and Nutrition Research*, *2*(11), 770-775.