ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ช จากถั่วเขียวพันธุ์ต่างๆ

Sugar Content in Seeds and Physicochemical Properties of Starch from Various Varieties of Mung Bean

ชิดชนก เสือรอด[1/] กฤษกมล ณ จอม[1/] สุมนา งามผ่องใส[2/]
Chidchanok Suarod[1/] Kriskamol Na Jom[1/] Sumana Ngampongsai[2/]

ABSTRACT

Sugar contains and properties of starch in mung bean seeds could affect on quality of products produced from mung bean. In this study, 3 native varieties including Chainat 36, Chainat 72 and Chainat 84-1 and 2 mutant varieties by radiation including CNMB 06-01-20-14 and CNMB 06-02-20-5 were analysis sugar and starch. Sugar contains analysis by Gas chromatography flame ionization. it was found that there were different amount in erythritol, arabinose, ribitol, fructose, galactose, mannitol, sorbitol, glucose, myo-inositol, sucrose, trehalose, raffinose and stachyose among varieties. Sucrose was the most abundant of sugar in mung bean seed. It was also found that Chainat 84-1 contained the highest amount of sucrose (10,522.99 ug/g) followed by CNMB 06-01-20-14 (7,243.84 ug/g), CNMB 06-02-20-5 (6,654.68 ug/g), Chainat 72 (5,830.44 ug/g) and Chainat 36 (5,074.51 ug/g), respectively. Physicochemical properties of mung bean starch found that Starch from Chainat 84-1 indicated high swelling power (16.81%) was no significant different with CNMB 06-02-20-5 (16.32%) and CNMB 06-01-20-14 (16.29%). Viscosity of mung bean starch showed that peak time and pasting temperature was significant different. The highest peak viscosity was found in starch from

[1/] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทรศัพท์ 0 2562 5020 โทรสาร 0 2562 5021

[1/] Department of Food Science and Technology,Faculty of Agro Industry ,Kasetsart University , 50 Ngamwongwan Road, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand ,Tel. 0 2562 5020 Fax 0 2562 5021

[2/] ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ.เมือง จ.ชัยนาท 17000 โทรศัพท์ 0 5640 5282

[2/] Chai Nat Field Crops Research Center, Muang, Chai Nat 17000 Tel. 0 5640 5282

CNMB 06-01-20-14 at 514.27 RVU and showed setback at 93.08 RVU. Starch from Chainat 36 showed the highest value of setback at 106.55 RVU, indicating retrogradation and syneresis. Therefore, mutant mung bean by radiation affect to decrease of some sugar in mung bean seeds compared to the natives. But, there was no influence of radiation on physicochemical properties of starch

Key words: sugar, mung bean, viscosity, gelatinization

บทคัดย่อ

ปริมาณน้ำตาลและคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดถั่วเขียวสามารถส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียว งานวิจัยนี้นำเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์รับรอง 3 พันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 36 ชัยนาท 72 และ ชัยนาท 84-1 และพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงโดยการฉายรังสี 2 สายพันธุ์ ได้แก่ CNMB 06-01-20-14 และ CNMB 06-02-20-5 มาวิเคราะห์น้ำตาลและสตาร์ช น้ำตาลวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography flame ionization พบว่ามีปริมาณน้ำตาล erythritol, arabinose, ribitol, fructose, galactose, mannitol, sorbitol, glucose, myo-inositol, sucrose, trehalose, raffinose และ stachyose แตกต่างกันในทุกพันธุ์ น้ำตาลซูโครสในเมล็ดถั่วเขียวมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่นๆ โดยถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 มีน้ำตาลซูโครสมากที่สุดปริมาณ 10,522.99 ก./ก. รองลงมาได้แก่พันธุ์ CNMB 06-01-20-14 (7,243.84 ก./ก.) พันธุ์ CNMB 06-02-20-5 (6,654.68 ก./ก.) พันธุ์ชัยนาท 72 (5,830.44 ก./ก.) และพันธุ์ชัยนาท 36 (5074.51 ก./ก.) ตามลำดับ การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพพบว่าถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 มีค่ากำลังการพองตัวมากที่สุด (16.81%) ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ CNMB 06-02-20-5 (16.32%) และพันธุ์ CNMB 06-01-20-14 (16.29%) ขณะที่การวิเคราะห์ความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว พบว่าเวลาและอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความหนืดสูงสุดของสตาร์ชถั่วเขียวสายพันธุ์ CNMB 06-01-20-14 มีค่า 514.27 RVU และมีค่าการคืนตัวที่ 93.08 RVU สตาร์ชจากถั่วเขียวที่มีค่าการคืนตัวสูงที่สุด 106.55 RVU คือ พันธุ์ชัยนาท 36 ซึ่งจะบ่งบอกถึงการเกิดรีโทรกราเดชันและการแยกน้ำออกจากเจล พันธุ์ถั่วเขียวที่ได้รับการฉายรังสีมีผลทำให้น้ำตาลบางชนิดในเมล็ดถั่วเขียวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ที่ผ่านการรับรองแต่ไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชจากถั่วเขียว

คำหลัก ความหนืด เจลาติไนซ์ น้ำตาล ถั่วเขียว สตาร์ช

คำนำ

ถั่วเขียว (Mung bean) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Vigna radiata* L. อยู่ในวงศ์ Leguminosae เป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทย องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเขียวมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์ การเพาะปลูก และสภาวะการเจริญเติบโต โดยทั่วไปประกอบด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 20 - 30 ไขมันร้อยละ 1-7 มีไฟเบอร์ และแร่ธาตุสูง (Mosse and Pernollet, 1982) ในเมล็ดถั่วเขียวมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เช่น กลูโคส ฟรุคโทส และกาแลคโทสปริมาณ 4.85 ก/มก. มีน้ำตาลราฟฟิโนส และสตาร์ชิโอส ซึ่งทนต่อการย่อยปริมาณ 0.41และ 1.49 ก/มก. ตามลำดับ เมล็ดถั่วเขียวเมื่อผ่านกระบวนการงอก การแช่น้ำ หรือได้รับความร้อนจากการประกอบอาหาร ปริมาณน้ำตาลเหล่านี้จะลดลง (Mubarak, 2005) การแปรรูปถั่วเขียวส่วนมากจะนำมาทำเป็นแป้ง และการใช้ประโยชน์จากแป้งถั่วเขียวในอุตสาหกรรมนิยมใช้การโม่แบบแห้ง และโม่แบบเปียก (สมชาย, 2523) ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน ถั่วเขียวมีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic index, GI) ต่ำ ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2550) การบริโภคอาหารที่มี GI ต่ำ จะลดความเสี่ยงต่อโรคเบาหวานและโรคหัวใจ ลดระดับคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (Foster-Powell *et al.*, 2002) ผู้บริโภคส่วนใหญ่มักเชื่อว่าการบริโภคแป้งถั่วเขียวจะทำให้ไม่อ้วนเนื่องจากมีไขมันน้อย เพราะในแป้งถั่วเขียวมีการล้างโปรตีนไขมันและสารอื่นๆ ออกให้เหลือแต่ส่วนของแป้ง เพื่อไม่ให้เกิดการขัดขวางการเกิดเจลขณะแปรรูป แป้งถั่วเขียวที่สกัดด้วยน้ำและทำการหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกสตาร์ช จะมีปริมาณของสตาร์ช ไขมัน โปรตีน เถ้า และอะไมโลส ร้อยละ 31.76 ,0.05, 0.32, 0.12 และ 32.7 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ (Liu and Shen, 2007)

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียว มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้ดีกว่าพันธุ์เดิม สามารถเพิ่มผลผลิต แก้ปัญหาการเพาะปลูก มีคุณสมบัติในการต้านทานต่อโรคและแมลง เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพทางด้านโภชนาการตรงตามความต้องการทางการเกษตร อุตสาหกรรม และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค การปรับปรุงพันธ์สามารถทำได้โดยอาศัยความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่มีอยู่ในธรรมชาติ ใช้รังสีหรือสารเคมีเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ จากนั้นก็คัดเลือกลักษณะที่ต้องการมาขยายพันธุ์ เผยแพร่เป็นพันธุ์ใหม่ต่อไป ปัจจุบันประเทศไทยมีพันธุ์ถั่วเขียวที่ผ่านการรับรองหลายพันธุ์ โดยบางพันธุ์มีการฉายรังสีเพื่อให้เกิดพันธุ์ใหม่ เช่น พันธุ์ชัยนาท 60 อู่ทอง 1 อู่ทอง 2 กำแพงแสน 1 กำแพงแสน 2 และพันธุ์มอ. 1 เป็นต้น (ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, 2555a)

การปรับปรุงพันธุ์ด้วยการฉายรังสีนั้นเป็นการทำให้เกิด การเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์ (Mutation breeding) โดยไม่อาศัยความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสีจะ

เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโครโมโซมหรือระดับยีน มีผลต่อการแสดงออกของรูปร่างและลักษณะปรากฏที่ต่างกันออกไป (พีรนุช, 2553) และอาจมีผลต่อปริมาณสารอาหารในเมล็ดและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งถั่วเขียวด้วยเช่นกัน งานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์รับรองและพันธุ์ปรับปรุงโดยการฉายรังสี โดยใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) ร่วมกับเทคนิค Cluster analysis เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณน้ำตาลที่เหมือนหรือแตกต่างกันในเมล็ดระหว่างพันธุ์รับรองและพันธุ์ปรับปรุง และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสตาร์ชจากถั่วเขียวพันธุ์รับรองและพันธุ์ปรับปรุง เพื่อบ่งชี้คุณภาพของแป้งที่จะนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พันธุ์ถั่วเขียวที่ใช้ในการทดลอง

เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีเป็นเมล็ดที่เก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2556 และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 ๐ซ เป็นเวลา 12 เดือน หลังจากนั้นนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ - 5 ๐ซ ต่ออีกเป็นเวลา 3 เดือน จึงนำเมล็ดมาใช้ในการทดลอง เมล็ดถั่วเขียวที่ใช้ในการทดลองนี้มีจำนวน 5 พันธุ์ เป็นพันธุ์รับรอง 3 พันธุ์ได้แก่

1. ชัยนาท 36 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง Pagasa 1 และ PHLV 18 ที่ประเทศไต้หวัน ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อการหักล้ม อายุเก็บเกี่ยว 67 วัน ผลผลิต 216 กก./ไร่ ต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาล มีแป้ง 51.0 % และโปรตีน 24.1 %

2. ชัยนาท 72 ได้จากการนำพันธุ์กำแพงแสน 2 ไปฉายรังสีแกมมาขนาด 600 เกรย์ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 212 กก./ไร่ ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลปานกลาง สามารถปลูกได้ในทุกฤดูและในทุกภาคของประเทศไทยมีแป้ง 45.0 % และโปรตีน 21.6%

3. ชัยนาท 84-1 เป็นสายพันธุ์กลายที่คัดได้จากพันธุ์ชัยนาท 36 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาอัตรา 500 เกรย์ อายุเก็บเกี่ยว 65 วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 226 กก./ไร่ มีแป้งสูงถึง 54.85% เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นวุ้นเส้นและเพาะถั่วงอกเนื่องจากมีรสชาติค่อนข้างหวาน พันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุง จำนวน 2 พันธุ์ได้แก่

4. พันธุ์ CNMB 06-01-20-14 เป็นพันธุ์ปรับปรุงที่ได้จากการนำพันธุ์รับรอง ชัยนาท 36 มาผ่านการฉายรังสีแกมมาอัตรา 200 เกรย์

5. พันธุ์ CNMB 06-02-20-5 ได้จากการนำพันธุ์รับรอง ชัยนาท 72 มาผ่านการฉายรังสีแกมมาอัตรา 200 เกรย์

2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

2.1 *การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์น้ำตาล*

นำเมล็ดถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์ มาล้างทำความสะอาด เทใส่ตะแกรงให้น้ำออกหมด แล้วผึ่งไว้ให้แห้ง กะเทาะเปลือกให้ส่วนสีเขียว

หลุดออก แล้วจึงนำมาร่อนให้เหลือแต่ส่วนเมล็ด จากนั้นนำไปบดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ใส่ถุงพลาสติกที่ปราศจากความชื้น

2.2 การสกัดสตาร์ชถั่วเขียว

การสกัดสตาร์ชถั่วเขียวทำตามวิธีการของ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, 2555a โดยนำเมล็ดถั่วเขียวมากะเทาะซีก ร่อนเอาส่วนที่เป็นฝุ่นออก แช่เมล็ดถั่วเขียวในน้ำ 2 ชม. ล้างเอาเปลือกส่วนที่เป็นสีเขียวออก นำส่วนเมล็ดมาใส่เครื่องโม่บดและผ่านเครื่องกรองกาก จะได้ส่วนที่เป็นน้ำแป้งออกมา กรองด้วยผ้าขาวบางเอากากที่ติดออก แล้วทิ้งให้แป้งตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชม. จึงล้างแป้งแล้วทิ้งให้ตกตะกอน ทำซ้ำจำนวน 4 ครั้ง นำส่วนแป้งมาใส่ถุงทิ้งไว้ 1 คืน นำไปหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกสตาร์ช (แป้งที่มีการกำจัดส่วนของโปรตีน ไขมัน เส้นใยออกไป เลือกแต่สตาร์ชซึ่งเป็นส่วนสีขาวออกมา) แล้วทำให้แห้งที่ 50 °ซ และมีความชื้นไม่เกิน 13% หลังจากนั้นจึงบดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

3. การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลของเมล็ดถั่วเขียว

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดตามวิธีการของ Na Jom et al, (2011) มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างเมล็ดถั่วเขียวที่บดละเอียดทั้ง 5 พันธุ์ น้ำหนัก 300 มก. บรรจุลงในหลอดฉีดยาที่ติดตั้งบนเครื่อง Vacuum manifold เติมเมธทานอลลงไป 200 ไมโครลิตร แช่ตัวอย่างเป็นเวลา 20 นาที กำจัดเมทานอลออกด้วยการระเหยแบบสุญญากาศ แล้วเติม Dichloromethane 4 มล. เพื่อกำจัดไขมัน และเติมสารละลายเมทานอล:น้ำอัตราส่วน 80:20 (v/v) 10 มล. เพื่อชะล้างสารประกอบที่มีขั้วออก

2. นำสารละลายที่ได้ 1 มล.มาเติม Internal standard และนำไประเหยแห้งด้วยเครื่อง Parallel evaporator ที่อุณหภูมิ 50 °ซ ความดัน 20 มิลลิบาร์ จนแห้ง

3. นำสารที่แห้งแล้วนำไปทำปฏิกิริยา Silylation ด้วยการเติม Pyridine 300 ไมโครลิตร และ TMSIM (N-trimethylsilyli midazole) 100 ไมโครลิตร

4. ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70 °ซ นาน 20 นาที เป่าไล่อากาศออกด้วยแก๊สอาร์กอน แล้วเติม เฮกเซนและน้ำกลั่นอย่างละ 300 ไมโครลิตร เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา Hydrolysis เก็บเฉพาะชั้นบนของสารละลายซึ่งเป็นส่วนของน้ำตาล เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography flam ionization (GC-FID) ต่อไป

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชจากถั่วเขียว

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี (พันธุ์ถั่วเขียว) โดยนำตัวอย่างสตาร์ชจากถั่วเขียว แต่ละพันธุ์ ปริมาณ 3 ก. (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในภาชนะที่มีน้ำกลั่น 25 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัว (swelling power) ค่าการละลายน้ำจากสตาร์ชถั่วเขียว (solubility) ตามวิธีการของ Liu and Shen (2007) และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง

ความหนืดเนื่องจากอุณหภูมิโดยใช้เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyser) ตามวิธีการของ AOAC (1990)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลใช้วิธีการทางสถิติ Principal component analysis (PCA) ร่วมกับ Cluster analysis รูปแบบ Hierarchical จัดกลุ่มและเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของน้ำตาล 14 ชนิด

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชถั่วเขียววิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ANOVA แบบ Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ชนิดและปริมาณน้ำตาลในเมล็ดถั่วเขียว

ชนิดและปริมาณน้ำตาลในเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์รับรอง 3 พันธุ์ และสายพันธุ์ที่ปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสีแกมมา 2 สายพันธุ์ น้ำตาลที่ทำให้ตัวอย่างแตกต่างกันถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบหลักด้วยวิธีการทางสถิติ PCA พบว่าสามารถอธิบายความแปรปรวนรวมได้ 79.08 % (PC1 และ PC2) เมื่อพิจารณาน้ำหนักของค่าสหสัมพันธ์ (Factor loading) ในแต่ละชนิดน้ำตาลพบว่า erythritol, fructose, mannitol, glucose, myo-inositol, sucrose, trehalose, raffinose และ starchyose แสดงในกลุ่มของ PC1 อธิบายความแปรปรวนได้สูงสุดที่ 62.84% สำหรับในกลุ่มของ PC2 ได้แก่ sorbitol สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 16.24% แสดงว่าน้ำตาลที่อยู่ในกลุ่มของ PC1 ทำให้เกิดความแปรปรวนหลักระหว่างตัวอย่าง เป็นน้ำตาลกลุ่มที่แสดงให้เห็นความแตกต่างกันระหว่างตัวอย่างที่ชัดเจน เมื่อทำการจำแนกกลุ่มตัวอย่างด้วยเทคนิค Cluster analysis (Figure 1) ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้เป็น 4 กลุ่ม (Figure 2) ปริมาณน้ำตาลที่ใกล้เคียงกันจะจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 36 มีปริมาณน้ำตาล erythritol และ fructose สูงที่สุด

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 84-1 และพันธุ์ชัยนาท 72 มีปริมาณน้ำตาล glucose, myo-inositol, trehalose, raffinose และ stachyose สูงที่สุด

กลุ่มที่ 3 ได้แก่ สายพันธุ์ CNMB 06-01-20-14 มีปริมาณ sorbitol, fructose ต่ำที่สุด

กลุ่มที่ 4 ได้แก่ สายพันธุ์ CNMB 06-02-20-5 มีปริมาณน้ำตาล sorbitol มากที่สุด

ความแตกต่างของปริมาณน้ำตาลแสดงผลโดย Heat map (Figure 3) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนกึ่งปริมาณของน้ำตาลในเมล็ดถั่วเขียวแต่ละพันธุ์ โดยเฉดสีที่มีความแตกต่างกันแสดงถึงปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่าเมล็ดถั่วเขียวสายพันธุ์ CNMB 06-01-20-14 มีปริมาณน้ำตาล sucrose, trehalose, raffinose และ stachyose เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Fooks *et al.*, 1999) ขณะที่ สายพันธุ์ CNMB 06-02-20-5 มี

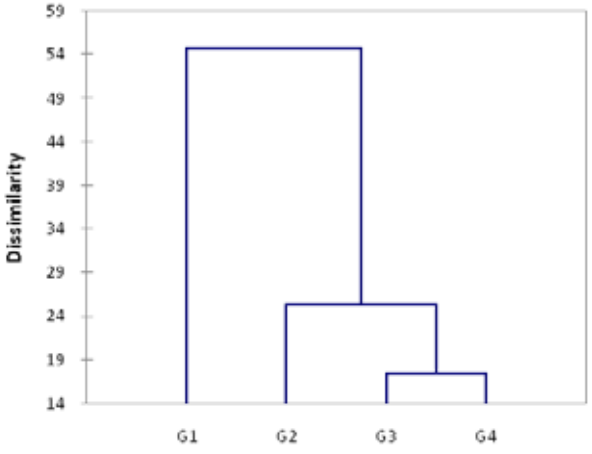

Figure 1. Dendogram of sugar profiles from 5 varietiesof mung beanseed (G1 Chainat 36, G2 Chainat 84-1, Chainat 72, G3 CNMB 06-01-20-14 and G4CNMB 06-02-20-5)

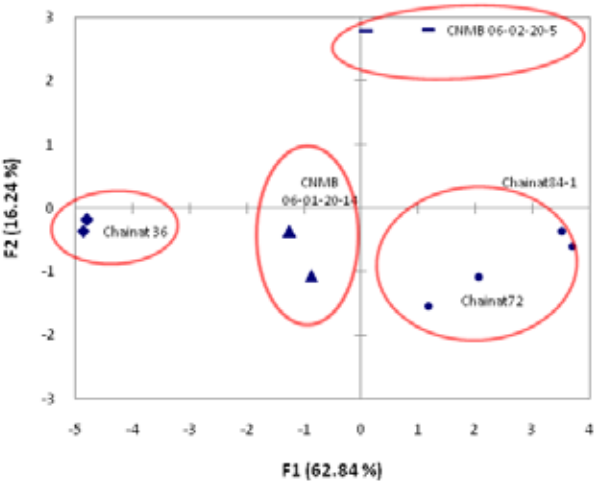

Figure 2. Standardized GC/FID of sugar profiles by grouping under PCAfrom 5 amongof mung beanseed grop 1 (♦) Chainat 36, grop 2 (●) Chainat 84-1, Chainat 72, grop 3 (▲) CNMB 06-01-20-14 and grop 4 (—) CNMB 06-02-20-5

sucrose, sorbitol และ galactose เพิ่มมากขึ้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการฉายรังสีทั้ง 2 สายพันธุ์ มีน้ำตาล sucrose เพิ่มขึ้น น้ำตาลดังกล่าวเป็นน้ำตาลที่ให้พลังงานสูง การฉายรังสีเพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้มีปริมาณผลผลิตที่สูงและทนทานต่อโรคแมลงนั้น อาจมีผลต่อปริมาณของน้ำตาลชนิดต่างๆ ในเมล็ดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่วเขียวและมีผลต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภคได้

2. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชถั่วเขียว

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชถั่วเขียวพบว่า มีค่ากำลังการพองตัวที่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าการละลายที่ไม่แตกต่างกัน (Table 1) โดยค่ากำลังการพองตัวในอยู่ช่วง 16.22-16.81% สตาร์ชถั่วเขียวของพันธุ์ชัยนาท 72 มีค่ากำลังการพองตัวต่ำที่สุด (16.22%) ขณะที่พันธุ์ชัยนาท 84-1 มีค่าพองตัวสูงสุด (16.81%) ซึ่งค่าการพองตัวจะขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสและโปรตีนที่ยังไม่ถูกล้างออก อะไมโลสและโปรตีนถ้ามีเหลืออยู่มากจะขัดขวางการพองตัวในเม็ดสตาร์ช ทำให้การพองตัวลดลง (Rujirapisit, 2006)

สำหรับคุณสมบัติด้านความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว (Table 2) เกิดขึ้นเมื่อเริ่มให้ความร้อนแก่สตาร์ช เม็ดสตาร์ชจะดูดน้ำและพองตัว สารละลายเริ่มมีความหนืดสูง (Kokini *et al.*,1992) สตาร์ชที่สกัดได้จากถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ใช้เวลาและอุณหภูมิในการเกิด

Figure 3. Heatmaps of sugar profiles correspond to the color temperature. Higher temperature indicate higher content of the respective compound.

Table 1. Swelling power and solubility of 5 varieties of mungbean starch

Varieties	**Swelling power (%)**	**Solubility$^{(ns)}$(%)**
Chai Nat 36	16.62^{a}	3.40
CNMB 06-01-20-14	16.29^{ab}	4.66
Chai Nat 72	16.22^{b}	3.82
CNMB 06-02-20-5	16.32^{ab}	3.48
Chai Nat 84-1	16.81^{a}	3.62
CV (%)	**1.91**	**9.13**

In a column, mean followed by a common letter are not significantly different at 5 % level by DMRT,
$^{(ns)}$ Data no significant different

Table 2. Pasting properties of 5 varieties of mungbean starch

Varieties	Peak time (min)	Pasting Temperature (°C)	Peak Viscosity (RVU)	Break down (RVU[(ns)]	Final Viscosity (RVU)	Set back (RVU)
Chai Nat 36	4.04[b]	74.6[b]	512.69[ab]	270.42	354.16[ab]	106.55[a]
CNMB 06-01-20-14	4.17[b]	75.73[b]	514.27[a]	265.58	346.77[b]	93.08[bc]
Chai Nat 72	4.13[b]	75.48[b]	505.75[abc]	260.69	342.58[b]	90.86[c]
CNMB 06-02-20-5	4.13[b]	75.48[b]	494.81[c]	248.44	339.94[b]	93.92[bc]
Chai Nat 84-1	4.33[a]	76.98[a]	500.03[bc]	250.86	369.36[a]	103.19[ab]
CV (%)	**1.4**	**5.04**	**2.47**	**5.75**	**1.70**	**0.82**

In a column, mean followed by a common letter are not significantly different at 5 % level by DMRT,

[(ns)] Data no significant different

เจลาติไนเซชันสูงที่สุด คือ 4.33 นาที ที่อุณหภูมิ 76.98ซ ส่วนพันธุ์อื่นๆ ใช้เวลาและอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันไม่แตกต่างกัน สตาร์ชที่สกัดได้จากถั่วเขียวสายพันธุ์ CNMB 06-01-20-14 มีค่าความหนืดที่จุดยอด (Peak viscosity) สูงที่สุดคือ 514.27 RVU และสายพันธุ์ CNMB 06-02-20-5 มีความหนืดที่จุดยอดต่ำที่สุด คือ 500.03 RVU ค่าความหนืดที่จุดยอดในระหว่างกระบวนการเจลาติไนเซชันสามารถใช้บ่งบอกกำลังในการทำให้เกิดความข้นหนืดของน้ำแป้งได้ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2550) ค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Break down) แสดงถึงความคงตัวของเม็ดสตาร์ชต่อการแตกตัว หลังการเกิดเจลาติไนเซชัน สตาร์ชที่สกัดมาจากเมล็ดถั่วเขียว 5 พันธุ์ มีค่า ความหนืดต่ำสุด 248.44-270.42 RVU ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) เป็นความหนืดที่เกิดจากการรวมตัวของแป้งอีกครั้งโดยมีการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของแป้งเอง สตาร์ชจากถั่วเขียว 5 พันธุ์มีค่าความหนืดสุดท้ายที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสตาร์ชจากถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 มีค่าความหนืดสุดท้ายสูงที่สุดที่ 369.36 RVU

ส่วนค่าการคืนตัว (Set back) ของสตาร์ชจากถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 36 มีค่าสูงที่สุดคือ 106.55 RVU (Table 2) เกิดจากหลังการให้ความร้อนเม็ดสตาร์ชมีการพองตัวและแตกออก โมเลกุลของสตาร์ชบางส่วนละลายออกมาและเคลื่อนที่มาจับกันเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีความแข็งแรงมากขึ้นด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและเกิดการคืนตัวที่มากขึ้น ซึ่ง

สามารถใช้ทำนายการเกิดรีโทรกราเดชันได้ (Dendy and Dobraszczyk, 2001) สตาร์ชที่มีการคืนตัวสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและแยกน้ำออกมาได้ ลักษณะดังกล่าวนี้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สรุปผลการทดลอง

ถั่วเขียวที่ผ่านการฉายรังสีเพื่อปรับปรุงพันธุ์ มีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางค่าของสตาร์ชที่ผลิตได้แตกต่างจากพันธุ์เดิมก่อนฉายรังสี ถั่วเขียวสายพันธุ์ CNMB 06-01-20-14 มีปริมาณน้ำตาล sucrose, trehalose, raffinose และ stachyose ในเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ชัยนาท 36 ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองก่อนนำมาฉายรังสี และมีค่าความหนืดสูงขึ้น ขณะที่สายพันธุ์ CNMB 06-02-20-5 มีปริมาณน้ำตาล sucrose, galactose และ sorbitol เพิ่มขึ้น แต่มีความหนืดไม่ต่างจากพันธุ์ชัยนาท 72 เนื่องจากพันธุ์ที่ปรับปรุงทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น อาจจะไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการลดน้ำหนัก สำหรับสตาร์ชที่จะแปรรูปในผลิตภัณฑ์แช่แข็งสามารถเลือกพันธุ์ที่ปรับปรุงไปใช้ได้ เนื่องจากมีค่าการคืนตัวต่ำ งานวิจัยนี้จึงเป็นฐานข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อปรับปรุงพันธุ์ต่อไป และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์สำหรับการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเขียวตามคุณภาพและวัตถุประสงค์ของผู้ผลิต

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ ดร.พิณทิพย์ รัมภกาภรณ์ และ ดร.กนิฐพร วังใน ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับคำแนะนำในการวิจารณ์ผลการทดลอง และความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และสถานที่สำหรับทำวิจัย ขอบพระคุณ นางสุมนา งามผ่องใส ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว อุปกรณ์และสถานที่ในการแปรรูปเมล็ดถั่วเขียว

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. *เทคโนโลยีของแป้ง*. พิมพ์ครั้งที่ 3.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 41-61.

พีรนุช จอมพุก 2553. *เทคโนโลยีนิวเคลียร์กับการเกษตร*. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 1-22.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. 2555a. *การผลิตถั่วเขียว*. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ. 28 หน้า

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. 2555b. *การแปรรูปถั่วเขียว*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ. 28 หน้า.

สมชาย ประภาวัต. 2523. *การใช้ประโยชน์จาก*

ถั่วเขียว. เอกสารประกอบการอบรมวิชาชีพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 33 หน้า.

Association of Official Analysis Chemical (AOAC). 1990. *Office method of analysis 15th ed. Virginia*: The Association of Office Agricuture Chemists. 771 pages.

Dendy D.A.V. and B. J. Dobraszczyk. 2001. *Cereals and cereal products*. An aspen publishers, Inc., Maryland. USA. 429 pages.

Fook, J.L., R. Fuller and R. G. Gidson 1999. Prebiotic, probiotics and human gut microbiology. *Dairy J.* 9: 53-61

Foster-Powell, K., S. H. A. Holt and J.C. Brand-Miller. 2002 International table glycemic index and glycemic load. *Am J Clin Nutr.* 76: 5-56.

Kokini, L.J., L. Shiuh and L.L. Chedid. 1992. Effect of starch structure on starch rheological property. *J. Food Sci. Technol.* 46: 124-139.

Maninder, K., S. S. Kawaljit, S. Narpinder and S. T. Lim. 2011. Amylose content, molecular structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of starches from different mung bean (Vigna radiata L.) cultivars. *Starch/Starke*. 63: 709–716.

Mubarak, A.E. 2005. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds as affected by some home traditional processes. *Food Chem.* 89: 489-495.

Mosse, J. and J.C. Pernollet. 1982. *Storage proteins of legume seeds.* Pages 111-193. Ed: S.K. Arora. *In Chemistry and Biochemistry of legumes. Edward Arnold, London.*

Na Jom, K., T. Frank and K.-H.Engel. 2011. A metabolite profiling approach to follow the sprouting process of mung beans (Vigna radiata). *Metabolomics.* 7: 102-117.

Liu, W.J. and Q. Shen. 2007. Studies on the physicochemical properties of mung bean starch from sour liquid processing and centrifugation. *J. Food Eng.* 79 : 358–363.

Rujirapisit, P. 2006. *Chemical Composition and Physico-Chemical Properties of Chinese Water Chestnut (Eleocharisdulcis Trin.) flour and starch.* In The research by University of the Thai Chamber of Commerce. 85 pages.