

การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์
**Appropriate Storage Conditions to Reduce Losses of Isoavones
in Mung bean Grains**

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ^{1/}

จารุวรรณ บางแวก^{1/}

Jarurat Pumprasert^{1/}

Charuwan Bangwaek^{1/}

ABSTRACT

Isoflavones is a substance created specifically in the Leguminosae such as soybean, mung bean, peanut and broad bean. The content of isoflavones in soybeans was extensively studied but the research on mung bean was seldom found. This research aimed to determine the appropriate storage condition to reduce losses of isoflavones content in mung bean grain. It was conducted at Postharvest and Processing Research and Development Office during 2011-2013. Mung bean varieties Chai Nat 72 and Kamphaeng Saen 2 were accessed. The experiment was done in split plot. Two moisture content levels (10 and 14%) in grains were tested as main plot, whilst sub plot was the storage duration (0-12 months). Treated mung bean was stored at 10, 15 or 20 °C. The result showed that isoflavone content of two mung bean varieties from all treatments increased during first 2 months after storage. At month 2 storage, var. Chai Nat 72 with 10% of moisture content kept at 15 °C consisted of highest isoflavone concentration at 4.46 µg/g. Maximum isoflavone concentration (4.06 µg/g) in var. Kamphaeng Saen 2 was found in mung bean with 10% moisture content stored at 10 °C. However, isoflavone contents in two grain varieties gradually decreased after 2 months storage.

Key words : isoflavones, moisture content, mungbean, storage, temperature

^{1/} กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม 10900

^{1/} Postharvest and Processing Research and Development Ofce, Department of Agriculture, Chatuchuck, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

ไอโซฟลาโวนส์ (isoflavones) เป็นสารที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนในสตรี ถูกสร้างขึ้นในพืชวงศ์ถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ถั่วปากอ้า เนื่องจากข้อมูลของไอโซฟลาโวนส์ ในถั่วเขียวมีน้อยมาก จึงศึกษาปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ในเมล็ดถั่วเขียว และวิธีการเก็บรักษาเมล็ดที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษา อุณหภูมิ และระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อลดการสูญเสียปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ ดำเนินการทดลอง ระหว่างเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2554 – เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2556 ในถั่วเขียว 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ชัชนาท 72 และกำแพงแสน 2 วางแผนการทดลองแบบ Split plot 3 ซ้ำ ให้ระดับความชื้นเริ่มต้นเป็น Main plot มี 2 ระดับ คือ 10 และ 14% อายุการเก็บรักษา 0 - 12 เดือนเป็น sub plot มี 13 ระดับ และศึกษาปฏิสัมพันธ์ทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น อุณหภูมิ และอายุการเก็บรักษาของแต่ละพันธุ์โดยการวิเคราะห์รวม (Combined Analysis of Variance over Temperature) พบว่าถั่วเขียวทั้ง 2 สายพันธุ์เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 2 เดือนมีปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์เพิ่มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธี และการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ชัชนาท 72 ที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น 10 % อุณหภูมิ 15 °ซ มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์สูงที่สุด คือ 4.46 ไมโครกรัม/กรัม ส่วนเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น 10 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ มีปริมาณสาร

ไอโซฟลาโวนส์สูงที่สุด คือ 4.06 ไมโครกรัม/กรัม หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษานานเกิน 2 เดือน ปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

คำหลัก: การเก็บรักษา ความชื้น ถั่วเขียว สารไอโซฟลาโวนส์ อุณหภูมิ

คำนำ

อาหารที่บริโภคมีส่วนสำคัญต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิต อาหารที่เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถชะลอหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ส่งผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูงจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (อนุชิตา, 2555) ไอโซฟลาโวนส์ (isoflavones) เป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนหรือฮอร์โมนเพศหญิง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถนำไปใช้เป็นอาหารเสริม ช่วยรักษาอาการของผู้ที่อยู่ในวัยหมดประจำเดือน ยับยั้งการเสื่อมของกระดูก (Dobbins et al., 2002) ช่วยในการยับยั้งการเกิดของเซลล์มะเร็ง (DeMan, 1990) และลดระดับคลอเลสเตอรอล (Setchell and McLachlanal., 1985) โดยทั่วไปสารไอโซฟลาโวนส์ถูกสร้างขึ้นในพืชวงศ์ถั่ว (Leguminosae) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดถั่วเหลืองพบได้ตั้งแต่ 0.4- 2.4 มก./ก โดยปริมาณจะแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยต่างๆ

เช่น พันธุ์ และสภาพแวดล้อมในการปลูก (Tetsutumi *et al.*, 2005) นอกจากนี้ ญัฐนันท์, 2548 รายงานว่าปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์มีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีน เนื่องจากสารไอโซฟลาโวนส์และอนุพันธ์จะเชื่อมต่อกับโปรตีน ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ และปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีประโยชน์ สามารถนำไปแปรรูปได้หลากหลาย เช่น วันเส้น ถั่วอบกรอบ แป้งถั่วเขียว และผลิตภัณฑ์อื่นๆอีกหลายชนิด ถั่วเขียวเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ โดยมีโปรตีนร้อยละ 23.4 แป้งร้อยละ 64.0 ไขมันร้อยละ 1.2 มีปริมาณวิตามิน และเกลือแร่หลายชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุ (สมจินตนา และอิสระ, 2549) สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ในถั่วชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เมล็ดถั่วเหลือง ถั่วเหลืองฝักสด ถั่วดำ ถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วม่วง พบปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ 51.92 1.35 1.53 1.21 0.46 และ 2.05 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ (ภักวีไล, 2557) แต่ยังไม่พบข้อมูลการศึกษาปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ในถั่วเขียว Dobbins *et al.*, (2002) รายงานว่าพบสารไอโซฟลาโวนส์ในเมล็ดถั่วเขียว แต่ไม่ได้รายงานถึงปริมาณที่พบ

ถั่วเขียวที่เกษตรกรนิยมปลูก และนำมาแปรรูปกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 72 และพันธุ์กำแพงแสน 2 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตสูง ฝักแก่พร้อมกัน ทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว และมีสีผิวตรงต่อความต้องการ

ของตลาด ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลิตผล ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาปริมาณโปรตีน และสารไอโซฟลาโวนส์ในถั่วเขียวพันธุ์ดังกล่าว และผลของความชื้นเมล็ดก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ รวมทั้งระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ในเมล็ดถั่วเขียว สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างและแผนการทดลอง

นำเมล็ดถั่วเขียวจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 72 และพันธุ์กำแพงแสน 2 แต่ละพันธุ์มาแยกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 10 15 °ซ และอุณหภูมิห้อง (30 °ซ) โดยเตรียมเมล็ดถั่วเขียวที่มีความชื้นเริ่มต้น 10 % และ 14 % บรรจุในกระสอบพลาสติกปริมาณ 1 กก./ถุง ให้เป็นหน่วยทดลอง (Experimental unit) โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ให้ระดับความชื้นเริ่มต้นเป็น Main plot มี 2 ระดับ และอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือนเป็น sub plot มี 13 ระดับ เก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวที่แต่ละอุณหภูมิ โดยวางแผนทั้งสองความชื้น ๆ ซ้ำละ 12 ถุง เมื่อครบกำหนดการเก็บรักษาแต่ละเดือน ได้นำเมล็ดถั่วเขียวไปวิเคราะห์หาปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์จนครบ 12 เดือน

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเขียว ด้วยวิธี kjeldahl Method (ใช้เครื่องวิเคราะห์ของ Gerhardt) โดยนำเมล็ดถั่วเขียวปริมาณ 20 ก. มาบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองหนัก 0.6 ก. ท่อให้แน่นแล้วใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน เติมน้ำแรงปฏิกิริยา 2 เม็ด และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 12 มล. นำไปย่อยที่อุณหภูมิ 420 °C เป็นเวลา 45 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 75 มล. และสารละลายกรดบอริก 4 % ปริมาตร 25 มล. กลั่นเป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตด้วย 0.1 N HCl จนกว่าถึงจุดยุติ โดยสังเกตจากสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวใสเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาณสารที่ใช้ไทเทรตที่จุดยุติ และคำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

% ไนโตรเจน

$$= \frac{14.01 \times (V1 - V2) \times \text{Conc. of HCL (mol/L)}}{\text{Weight of Sample (g)} \times 10}$$

V1 = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตตัวอย่าง

V2 = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรต Blank Sample

%โปรตีน = %ไนโตรเจน × 6.25

การเตรียมสารมาตรฐานไอโซฟลาโวนส์

สารมาตรฐานไอโซฟลาโวนส์ที่ใช้ในการทดลองนี้จำนวน 6 ตัว ได้แก่ Daidzein Genistein Glycitein Daidzin Genistin และ Glycitin

เตรียมสารมาตรฐานแต่ละชนิดสำหรับเปรียบเทียบในการวิเคราะห์ โดยชั่งสารมาตรฐานแต่ละชนิดปริมาณ 5 มก. ละลายใน DMSO (Dimethyl Sulfoxide) 100 มล. จะได้ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มล. หลังจากนั้นดูดสารละลายมาตรฐานไอโซฟลาโวนส์ทั้งชนิด 6 ชนิด ๆ ละ 5 มล. ใส่รวมกันแล้วปรับปริมาตรด้วย DMSO เป็น 50 มล. แล้วปรับความเข้มข้นเป็น 5 ระดับ คือ 5 2.5 1.0 0.5 และ 0.1 ไมโครกรัม/มล.

การวิเคราะห์หาปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์

วิเคราะห์ปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ในเมล็ดถั่วเขียวตามวิธีการของ Lee (2010) ชั่งตัวอย่างถั่วเขียวบดละเอียด 2 ก. เติม 0.1N HCl ปริมาตร 2 มล. และ เติม acetonitrile (ACN) 10 มล. ผสมให้เข้ากันโดยการเขย่าที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชม. กรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 42 แล้วนำส่วนที่กรองได้ไประเหยให้แห้งที่อุณหภูมิ 30-35 °C ละลายตัวอย่างที่ระเหยแห้งด้วย 80% เมทานอล (เกรด HPLC) จำนวน 10 มล. กรองสารละลายกรองผ่านกระดาษกรองแบบ nylon membrane ขนาด 0.45 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์โดยวิธี HPLC - photo diode array detector ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ใช้สารละลายเคลื่อนที่ (mobile phase) เป็น 0.1% glacial acetic acid ในน้ำกลั่น 1 ล. และสารละลาย 0.1% glacial acetic acid ใน acetonitrile 1 ล. ผ่านคอลัมน์ชนิด YMC-Pack ODS-AM-303 (250 มล. x 4.6 มล. I.D.) ฉีดตัวอย่างเข้า

เครื่อง HPLC ปริมาณ 20 ไมโครลิตร โดยมีสารมาตรฐานทั้ง 5 ระดับความเข้มข้นเป็นตัวเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ที่วิเคราะห์ได้ตั้งแต่ 0 - 12 เดือน มาศึกษาปฏิสัมพันธ์ทั้ง 3 ปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น เมล็ดเริ่มต้น และอายุการเก็บรักษาของแต่ละพันธุ์โดยการวิเคราะห์รวม (Combined Analysis of Variance over Temperature)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 72

ผลการทดลองในเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 72 พบว่าที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น 10% จะมีปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ 4.46 3.60 และ 3.51 ไมโครกรัม/ก. เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิ 15, 10 °ซ และอุณหภูมิห้องตามลำดับ เมื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ทั้ง 3 ปัจจัยได้แก่ ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น อุณหภูมิ และอายุการเก็บรักษา โดยการวิเคราะห์รวม พบว่าไม่สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมได้เนื่องจากความผันแปรของ ความชื้น และระยะเวลาการเก็บรักษา (Error b) มีมากเกินไปจนไม่สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมได้ (Table 1) ขณะที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนของเมล็ดถั่วเขียว เก็บรักษาเป็นเดือนที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุดทั้งเมล็ดที่มีความชื้นก่อนการเก็บรักษาที่ 10 และ 14 % และทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา (Table 2)

ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2

ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 เมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้น 10% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ช่วงการเก็บรักษา 2 เดือน (4.06 ไมโครกรัม/ก.) แต่ไม่แตกต่างจากเมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้น 14 % (3.75 ไมโครกรัม/ก.) เมื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น อุณหภูมิ และอายุการเก็บรักษาโดยนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม พบว่า ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น อุณหภูมิ และระยะเวลาเก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ เมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น 10% เก็บที่อุณหภูมิ 10 °ซ มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์สูงที่สุด คือ 4.06 ไมโครกรัม/กรัม (Table 3) ขณะที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนพบว่ามีความสูงที่สุดในทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน เช่นเดียวกัน (Table 4) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 15 °ซ และอุณหภูมิห้อง ที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น 10% มีโปรตีนสูงถึง 40.36 39.92 และ 39.28% ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้น 14% มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า (32.96 33.04 และ 32.72% ตามลำดับ (Table 4)

จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียวทั้ง 2 สายพันธุ์ และทุกสภาพการเก็บรักษามีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกัน คือ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์จะเพิ่มขึ้นมากในเดือนที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณสารจะลดลง และที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น 10 % จะมีปริมาณสาร

Table 1 Isoflavone ($\mu\text{g/g}$) in grain of Chai Nat 72 storage at different conditions

Storage duration (Months)	Room Temperature (28-32°C)			15°C			10°C		
	10% grain moisture content	14% grain moisture content	DIFF	10% grain moisture content	14% grain moisture content	DIFF	10% grain moisture content	14% grain moisture content	DIFF
	0	2.43 b	2.65 b	-0.22	2.43 b	2.65 b	-0.22	2.43 b	2.65 b
1	2.45 b	2.54 b	-0.09	2.29 b	2.62 b	-0.33	2.72 b	2.41 b	0.31
2	3.51 a	3.26 a	0.25	4.46 a	3.52 a	0.94 *	3.60 a	3.33 a	0.27
3	1.53 c	1.52 c	0.01	1.41 c	1.37 d	0.04	1.37 d	1.35 de	0.02
4	1.34 c	1.35 cd	-0.01	0.88 de	0.97 d	-0.09	0.95 ef	0.96 fg	-0.01
5	0.99 cd	1.64 c	-0.65 *	1.57 c	1.76 c	-0.19	1.85 c	1.86 c	-0.01
6	0.98 cd	1.85 c	-0.87 *	1.41 c	1.03 d	0.38	1.42 d	1.62 cd	-0.2
7	1.37 c	1.27 cd	0.10	0.96 d	1.26 d	-0.30	1.16 de	1.15 ef	0.01
8	0.37 d	0.18 e	0.19	0.21 f	1.27 d	-1.06 *	0.28 h	0.21 i	0.07
9	0.97 cd	1.51 c	-0.54	0.51 ef	1.22 d	-0.71 *	0.75 fg	0.43 hi	0.32
10	0.90 cd	0.04 e	0.86 *	0.54 def	0.54 e	0.00	0.55 gh	0.20 i	0.35
11	0.62 d	0.15 e	0.47	0.65 de	1.00 d	-0.35	0.50 gh	0.11 i	0.39 *
12	0.43 d	0.84 d	-0.41	0.66 de	0.58 e	0.08	0.94 ef	0.62 gh	0.32

Room Temperature (28-32°C) CV(a) = 16.0% CV(b) = 25.2%, 15°C CV(a) = 30.7% CV(b) = 16.2%, 10°C CV(a) = 15.8% CV(b) = 10.4%

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2 Protein (%) content in grains of Chai Nat 72 storage at different conditions

Storage duration (Months)	10% grain moisture content			14% grain moisture content		
	Room Temperature (28-32°C)	15°C	10°C	Room Temperature (28-32°C)	15°C	10°C
	0	24.11 e A	21.90 e B	19.60 f C	23.54 g A	24.09 d AB
1	31.62 c A	31.31 c A	31.75 c A	30.79 c A	30.53 c A	30.69 c A
2	39.52 a A	38.70 a A	39.41 a A	39.68 a A	33.04 b C	38.56 a A
3	18.08 g AB	17.08 g B	16.98 g B	18.43 i A	16.85 h B	17.31 g AB
4	17.26 g A	17.35 g A	17.64 g A	17.62 u A	17.45 g A	17.21 g A
5	26.33 d A	23.60 d BC	23.61 d BC	25.26 f A	23.24 e B	22.40 e C
6	26.59 d B	22.83 de C	23.30 de C	27.91 d A	23.13 e A	23.21 de C
7	35.53 b A	33.13 b B	33.91 b B	35.86 b A	34.04 a AB	32.98 b B
8	15.26 h C	15.11 h C	16.58 h B	15.51 k BC	15.34 i C	17.98 g A
9	18.24 g A	16.97 g A	17.11 g A	17.15 j A	17.44 g ABC	17.40 g A
10	24.07 eb B	23.42 d B	23.28 d B	26.19 ef A	23.09 e B	23.26 de B
11	24.14 e B	23.97 d B	24.22 d B	27.24 de A	23.04 e C	24.24 d B
12	22.22 f A	20.11 f BC	22.60 f A	22.34 h A	19.17 f C	20.45 f B

CV(a) = 2.8% CV(b) = 3.0%

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

In a row, means followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 3 Isoflavone ($\mu\text{g/g}$) in grain of Kamphaeng Saen 2 storage at different conditions

Storage duration (Months)	10% grain moisture content						14% grain moisture content					
	Room Temperature (28-32°C)		15°C		10°C		Room Temperature (28-32°C)		15°C		10°C	
0	2.55 b	A	2.55 b	A	2.55 b	A	2.66 b	X	2.66 b	X	2.66 b	X
1	2.58 b	A	2.15 c	B	2.33 b	B	2.44 b	X	2.43 b	X	2.25 c	X
2	3.68 a	B	3.81 a	AB	4.06 a	A	3.67 a	X	3.60 a	X	3.75 a	X
3	1.46 c	A	1.26 de	A	1.34 cd	A	1.39 cd	X	1.21 cd	X	1.44 d	X
4	1.11 d	A	1.21 de	A	1.06 de	A	1.30 cd	X	1.24 cd	X	1.30 de	X
5	1.49 c	A	1.41 d	A	1.53 c	A	1.53 c	X	1.46 c	X	1.39 d	X
6	1.38 cd	A	1.53 d	A	1.35 cd	A	1.64 c	X	1.39 c	XY	1.22 de	Y
7	1.05 d	A	0.96 e	A	0.97 e	A	1.07 d	X	1.02 d	X	1.02 e	X
8	1.23 cd	A	0.55 f	B	0.54 f	B	0.67 e	X	0.38 e	X	0.55 fg	X
9	0.60 e	A	0.18 g	B	0.46 f	AB	0.22 f	X	0.53 e	X	0.31 gh	X
10	0.39 e	A	0.00 g	B	0.00 g	B	0.72 e	X	0.62 e	X	0.67 f	X
11	0.52 e	A	0.02 g	B	0.47 f	C	0.08 f	Y	0.56 e	X	0.02 h	Y
12	0.48 e	A	0.02 g	B	0.41 f	A	0.01 f	Y	0.38 e	X	0.02 h	Y

CV(a) = 21.2%

CV(b) = 15.0%

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

In a row, means followed by a common capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 4 Protein (%) content in grain of Kamphaeng Saen 2 storage at different conditions.

Storage duration (Month)	10% grain moisture content						14% grain moisture content					
	Room Temperature (28-32°C)		15°C		10°C		Room Temperature (28-32°C)		15°C		10°C	
0	23.31	f C	23.60	e BC	23.83	d BC	24.39	e A	24.09	d AB	23.73	c BC
1	30.71	c A	30.73	c A	31.05	c A	30.58	c A	30.53	c A	30.72	b A
2	39.28	a B	39.92	a A	40.36	a A	32.72	b C	33.04	b C	32.69	a C
3	17.90	hi A	17.16	gh B	15.90	i C	16.64	j B	16.85	h B	17.12	g B
4	17.69	hi A	17.62	g A	17.26	h A	17.63	hi A	17.45	g A	17.50	fg A
5	23.93	e A	23.37	e B	22.96	f B	23.48	f AB	23.24	e B	22.91	d B
6	23.18	f A	23.18	e A	23.30	def A	23.47	f A	23.13	e A	23.16	d A
7	33.57	b B	33.62	b B	32.82	b C	34.28	a A	34.04	a AB	32.74	a C
8	18.14	h A	16.93	h B	15.68	i C	18.03	h A	15.34	i C	15.45	h C
9	17.51	i ABC	17.26	gh BC	17.77	h AB	17.16	ij C	17.44	g ABC	17.93	f A
10	24.32	de A	23.08	e B	23.13	ef B	24.41	e A	23.09	e B	23.15	d B
11	24.60	d B	24.12	d B	23.54	de C	25.85	d A	23.04	e C	23.41	cd C
12	20.37	g B	20.42	f B	21.31	g A	20.95	g A	19.17	f C	19.98	e B

CV(a) = 1.1%

CV(b) = 1.4%

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

In a row, means followed by a common capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

ไอโซฟลาโวนส์สูงที่สุดของทุกสภาวะการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ทั้งหมดและเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกันเมื่อเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐนันท์ (2548) ที่พบว่า โปรตีนมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ เพราะสารไอโซฟลาโวนส์และอนุพันธ์มีการต่ออยู่กับโปรตีน และการลดลงของสารไอโซฟลาโวนส์อาจเนื่องมาจากเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวมาใหม่ ๆ ยังคงมีความชื้นสูง มีกระบวนการทางเคมีต่างๆ เกิดขึ้นส่งผลให้มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์สูงขึ้น และเมื่อถึงจุดอิ่มตัวปริมาณสารก็จะค่อย ๆ สลายตัวและลดลง สอดคล้องกับผลการทดลองของ งามชื่น (2547) ที่พบว่า เมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นโดยเฉพาอย่างยิ่งในระยะเวลา 3 - 4 เดือน และ Perdon (1997) พบว่า ข้าวเปลือกหรือข้าวสารที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป

สรุปผลการทดลอง

การเก็บรักษาเมล็ดข้าวเขียวพันธุ์ชัยนาท 72 และพันธุ์กำแพงแสน 2 เพื่อรักษาปริมาณสารไอโซฟลาโวนส์ ควรเก็บที่ความชื้นเมล็ดเริ่มต้น 10 % และเก็บรักษาไว้ประมาณ 2 เดือน ในอุณหภูมิ 10 °ซ หรือ 15 °ซ ก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 134 หน้า.
- ณัฐนันท์ วิเศษสุภมิตร. 2548. การศึกษาปริมาณสาร Isoflavone ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและการสกัดสาร Isoflavone ในกากถั่วเหลืองเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสุขภาพ. *ข่าวสารเกษตรศาสตร์* ปีที่ 51 ฉบับที่ 1-3 ตุลาคม 2548 – กันยายน 2549.
- ภักวีไล ยอดทอง. 2557. *ไอโซฟลาโวนส์กับถั่วเหลือง*. โปสเตอร์ งานเปิดบ้านงานวิจัยประจำปี 2557 กรมวิชาการเกษตร.
- สมจินตนา ทুমแสน และอิสระ พุทธสิมมา. 2549. *ถั่วเขียว*. ระบบฐานข้อมูลงานวิจัยด้านพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.
- อนุชิตา มุ่งงาม. 2555. *แอนติออกซิแดนท์ในธัญพืช*. มหาสารคาม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 230 หน้า.
- DeMan, J.M., 1990. *Principles of Food Chemistry*. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 468 pp.
- Dobbins, T.A., Konwinski and Arthur, H. 2002. *Soy isoflavone concentrate process and product*. US Patent 6, 369, 200.

Lee, S.J., Seguin, P., Kim, J.J., Moon, H.I., Ro, H.M., Kim, E.H., Seo, S.H., Kang, E.Y., Ahn, J.K., Chung, I.M., 2010. Isoflavones in Korean soybeans differing in seed coat and cotyledon color. *Journal of Food Composition and Analysis* 23, 160–165.

Perdon, A.A., Marks, B.P., Siebenmorgen, T.J., and Reid, N.B. 1997. Effect of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium grain rice cv. Bengal. *Cereal Chemistry* 74: 864-867.

Setchell, K.D., and McLachlan J.A., ed. 1985. *Estrogens in the Environment II*: pp.69-85.