

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย :
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลัง.....
- กิจกรรม : เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง
- กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): ศึกษาการสูญเสียปริมาณและคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังตลอดเส้นทางหลังการเก็บเกี่ยว

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Study on Quality and Quantity losses of Cassava Starch Supply Chain after Harvesting

4. คณะผู้ดำเนินงาน

- หัวหน้าการทดลอง : นางสาวอรุวรรณ จิตต์ธรรม กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
- ผู้ร่วมงาน : นางสาวจรรุวรรณ บางแวก กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
- : นายนฤเทพ เวชภิบาล กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. Abstract

The aim of this research was to investigate the quality and quantity losses of cassava starch supply chain after harvest. The experiment was conducted at Postharvest and Processing Research and Development Office during the year of 2016-2018. In 2017, fresh cassava root was harvested and stored for six days to determine the quality and quantity loss of cassava starch after harvest. Starch was extracted from the stored cassava to determine the weight and starch loss every 3 days after storage. The results showed that weight and starch loss of cassava root after 3 days of storage were 5.35% and 3.58% respectively. While, texture of cassava root was changed to brown color after 6 days of storage that could not be processed to starch. During the storage period cassava starch quality was also determined in 2017. For this purpose, starch of cassava root harvested at day 3 were stored for 12 months at room temperature and 10 °C. Starch was analyzed after every 2 months of storage for chemical quality. The results showed that moisture content was increased up to 14%. Starch could be stored for 6 months at 10 °C with good quality, however lightness decreased 68.70 and 68.45 in starch of cassava root harvested at day 3, respectively. At room temperature, max viscosity was decreased in starch stored for 2-4 months while lightness was decreased in starch stored for 6 months. In 2018, fresh cassava root was harvested and stored for five days. Starch was extracted from the stored

cassava at day, 2, 3, 4 and 5 days after harvesting. The starch produced was analyzed for physical and chemical qualities to check the effect of delayed processing on the quality and quantity of the starch. The results showed that percentage of weight loss were 3.44%, 6.31%, 8.26% and 8.91% at day 2, 3, 4 and 5 respectively. Starch loss were 2.45%, 6.60%, 10.88% and 11.28% of cassava root at day 2, 3, 4 and 5 respectively. Delay processing of cassava root increased weight and starch loss including reduced starch quality such as protein, oil, lightness and max viscosity value. Similar with 2017, in 2018 during the storage period cassava starch quality was also determined. For this purpose cassava starch from cassava root harvested at day 2, 3, 4 and 5 were stored for 6 month at room temperature and 10 °C. Starch was analyzed after every 2 months of storage for chemical quality. The results showed that moisture content was increase up to 13%. Starch could be stored for 6 months with good quality at 10°C. However, at room temperature, max viscosity was decreased with storage months. In current study, cassava chips produced and stored at factory and laboratory were examined for quality loss for 12 months storage period at room temperature. The results showed that cassava chips both from factory and laboratory could be stored for 12 month at room temperature without deteriorating the quality.

Key words: cassava root, cassava starch, quality loss

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษาการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังตลอดเส้นทางหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตร กรมวิชาการเกษตร ในปี 2559-2561 โดยในปี 2560 ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังและนำหัวสดมาเก็บรักษานาน 6 วันหลังการเก็บเกี่ยวจากนั้นนำมาแปรรูปเป็นแป้งสตาร์ช เพื่อศึกษาการสูญเสียปริมาณและคุณภาพแป้งหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า มันสำปะหลังจะสูญเสียน้ำหนัก 5.35% สูญเสียแป้งถึง 3.58% เมื่อทำการกองไว้นาน 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว หากกองไว้เป็นเวลา 6 วันเนื้อมันสำปะหลังเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไม่สามารถนำไปทำแป้งได้ จากนั้นทำการศึกษาการสูญเสียคุณภาพแป้งในขณะการเก็บรักษา โดยการนำแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลังทันที และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยวมาทำการเก็บรักษา 12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง และที่ 10 องศาเซลเซียส วิเคราะห์คุณภาพแป้งทุก 2 เดือน พบว่า แป้งมีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่เกิน 14.00% องค์ประกอบทางเคมีไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดอายุการเก็บรักษา ในสภาพ 10 องศาเซลเซียส แป้งสามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยยังคงคุณภาพดี ยกเว้นค่าความสว่างของแป้งลดลงเหลือ 68.70 และ 68.45 ในแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลังทันที(0 วัน) และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยวตามลำดับ ในขณะที่แป้งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้องมีค่าความหนืดสูงสุดของแป้งลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 2-4 เดือน และค่าความสว่างลดลงเมื่อเก็บ

รักษานาน 6 เดือน ในปี 2561 ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังและนำหัวมันสดมาเก็บรักษานาน 5 วันและนำมาทำแป้งที่ 0 2 3 4 และ 5 วันหลังการเก็บเกี่ยว วิเคราะห์คุณภาพแป้งเพื่อศึกษาผลของการแปรรูปลำข้าวต่อปริมาณและคุณภาพแป้ง ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลังสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์แป้งเมื่อทำการแปรรูปเป็นแป้งลำข้าว ซึ่งอัตราการสูญเสียเพิ่มขึ้นเมื่อทำการแปรรูปลำข้าวขึ้น โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 3.44% 6.31% 8.26% และ 8.91% สูญเสียแป้ง 2.45% 6.60% 10.88% และ 11.28% เมื่อทำการกองทิ้งไว้นาน 2 3 4 และ 5 วัน ซึ่งการแปรรูปเป็นแป้งลำข้าวส่งผลต่อคุณภาพของแป้ง โดยโปรตีน น้ำมัน ความสว่าง และค่าความหนืดสูงสุดลดลง เช่นเดียวกับปี 2560 ในปี 2561 นำแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลัง 0 2 3 4 และ 5 วันหลังการเก็บเกี่ยว มาทำการเก็บรักษานาน 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง และที่ 10 องศาเซลเซียส วิเคราะห์คุณภาพแป้งทุก 2 เดือน พบว่า แป้งมีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไม่เกิน 13% ในสภาพ โดยที่ 10 องศาเซลเซียส แป้งสามารถเก็บได้นาน 6 เดือนโดยยังคงคุณภาพดี ค่าความหนืดสูงสุดและค่าความสว่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา สำหรับแป้งที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง พบว่าแป้งมีค่าความหนืดสูงสุดลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ทำการศึกษาการสูญเสียคุณภาพมันเส้นขณะทำการเก็บรักษา โดยการศึกษาคุณภาพของมันเส้นจาก 2 แหล่ง คือห้องปฏิบัติการและโรงงานมันเส้น เมื่อเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน พบว่า มันเส้นจากทั้ง 2 แหล่งมีคุณภาพใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา

คำหลัก: แป้งมันสำปะหลัง มันสำปะหลัง การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว

6. คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย นอกจากใช้บริโภคแล้วยังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมแป้ง การทอผ้า กระดาษ และแอลกอฮอล์ เป็นต้น (สุภัทร, 2561) โดยมันสำปะหลังมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มมากขึ้นทั้งใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังร้อยละ 80 ส่งออกไปยังต่างประเทศ ในรูปของแป้ง มันเส้น และมันอัดเม็ด เป็นต้น โดยในปี 2561 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง จำนวน 8 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 98,439 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังร้อยละ 60 อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือภาคเหนือและภาคกลาง โดยในปี 2560/2561 ไทยมีพื้นที่เพาะปลูกโดยรวมประมาณ 8.07 ล้านไร่ ผลผลิตหัวมันสดรวม 28.57 ล้านตัน (สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย, 2561)

หลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโดยทั่วไปจะไม่มีการจัดการหรือการป้องกันหลังการเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรจะรวบรวมผลผลิตและขนส่งไปจำหน่ายยังโรงงานแป้งมันให้เร็วที่สุด การซื้อขายมันสำปะหลังจะดูจากเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมัน น้ำหนัก และสิ่งเจือปนที่ติดมากับผลผลิตเป็นหลัก หากขาดการจัดการที่ดีหลังการเก็บเกี่ยวหรือทำการส่งโรงงานลำข้าวจะทำให้เกิดสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพได้ หลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะ หลังจะเกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากกิจกรรมทางสรีระวิทยาสูงและเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปทำลายได้ง่ายหากเกิดบาดแผลในขณะเก็บเกี่ยว อีกทั้งยังมีความชื้นสูงจึงส่งผลให้หัวมันเสื่อมสภาพและคุณสมบัติทางชีวเคมีเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Wenham, 1995) โดยมันสำปะหลังจะเริ่มเสื่อมสภาพ 1-3 วันหลังการเก็บเกี่ยว (Uarrotta and Maracchin,

2015) Ajala (2012) รายงานว่ามันสำปะหลังที่แปรรูปเป็นแป้งล่าช้าจะส่งผลให้ความบริสุทธิ์และคุณสมบัติของแป้งลดลง จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงวิธีการยืดอายุมันสำปะหลังหลังการเก็บเกี่ยว โดยวิธีการกองหว่านไว้ในแปลงหรือการกองทิ้งไว้โดยไม่ตัดเหง้า การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส และการตัดแต่งต้นก่อนการเก็บเกี่ยว เป็นต้น แต่ก็ยังไม่มีวิธีการที่เหมาะสมในการยืดอายุมันสำปะหลังทางการค้า เพื่อนำมาปรับใช้ในสภาพแปลงใหญ่ได้ ซึ่งหากสามารถทำการ ศึกษาถึงปริมาณการสูญเสียในแต่ละขั้นตอนก็จะ เป็นแนวทางในการลดการสูญเสียผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้ วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษาการสูญเสีย ปริมาณและคุณภาพแป้งมันสำปะหลังตลอดเส้นทางหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการลดการสูญเสีย หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งจะส่งผลให้เป็นการลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่าผลผลิต

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. มันสำปะหลัง
2. ตู้อบ เครื่องชั่ง เครื่องแก้ว
3. อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง
4. อุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือในการวิเคราะห์ห้องประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง เช่น เครื่อง HPLC เครื่อง Brabender Micro Visco-Amylo-Graph และ nitrogen combustion เป็นต้น

- วิธีการ

1. การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว

1.1 ปี 2560 เลือกแปลงเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังโดยเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกกันทั่วไป ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังตามอายุและวิธีการที่เกษตรกรเก็บเกี่ยว ในพื้นที่ 1 ไร่ โดยแบ่งเก็บเกี่ยว 4 จุด ในพื้นที่ 6x3ตารางเมตร ชั่งน้ำหนักผลผลิตที่ได้ หลังจากนั้นรวบรวมผลผลิตที่ตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวในแปลงและ ชั่งน้ำหนัก นำผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวได้ใส่รถบรรทุกตามสภาพที่เกษตรกรปฏิบัติแล้ว ขนส่งไปยังกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร จากนั้นทำการเก็บรักษา หัวมันสำปะหลังสดเป็นเวลา 0 3 และ 6 วัน ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 กิโลกรัม สุ่มตัวอย่างเพื่อไปผลิตเป็นแป้ง สตาร์ชด้วยวิธีการตกตะกอน(sedimentation method) เก็บข้อมูลน้ำหนักหัวมันและแป้งสตาร์ชที่ผลิตได้ ทำการ ทดลองซ้ำในปี 2561 โดยทำการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังสดนาน 0 2 3 4 และ 5 วันหลังการเก็บ เกี่ยวจากนั้นนำมาผลิตแป้งในห้องปฏิบัติการตามกรรมวิธีข้างต้น

1.2 ปี 2560 ทำการทดลอง ณ โรงงานแป้งมัน จ.ชลบุรี โดยการเก็บข้อมูลจากมันสำปะหลังที่รับซื้อจาก เกษตรกรเพื่อนำมาผลิตแป้ง โดยทำการสุ่มตัวอย่างมันสำปะหลังที่กองทิ้งไว้ 0 และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว บันทึก ข้อมูลน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังตามกรรมวิธีของโรงงานด้วยเครื่อง Reimainn scale จากนั้น นำไปผลิตแป้งตามวิธีมาตรฐานของโรงงาน วิเคราะห์คุณภาพแป้งที่ได้

2.การสูญเสียคุณภาพแป้งขณะทำการเก็บรักษา

2.1 ปี 2560 ทำการเก็บรักษาแป้งที่ผลิตจากโรงงานในข้อ 1.2 โดยผลิตจากมันสำปะหลัง 0 และ 3 วัน หลังการเก็บเกี่ยว มาบรรจุในถุงพลาสติก low linear density polyethylene (LLDPE) โดยแต่ละถุงบรรจุแป้ง 250 กรัมปิดปากถุงให้สนิท ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน วางแผนการทดลองแบบ Split plot ทำ 4 ซ้ำ โดย Main plot คือ อายุการเก็บรักษาหัวสดหลังการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย 0 และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว และ Sub plot คือ อายุการเก็บรักษาแป้งมันสำปะหลัง 12 เดือน จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุก 2 เดือนเพื่อวิเคราะห์คุณภาพแป้ง

2.2 ปี 2561 ทำการเก็บรักษาแป้งที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการซึ่งผลิตจากมันสำปะหลัง 0 2 3 4 และ 5 วัน หลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีข้างต้นข้อ 1.1 ในปี 2561 โดยนำแป้งมาบรรจุในถุงพลาสติก low linear density polyethylene (LLDPE) แต่ละถุงบรรจุแป้ง 250 กรัมปิดปากถุงให้สนิท ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot ทำ 4 ซ้ำ โดย Main plot คือ อายุการเก็บรักษาหัวสดหลังการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย 0 2 3 4 และ 5 วันหลังการเก็บเกี่ยว และ Sub plot คือ อายุการเก็บรักษาแป้งมันสำปะหลัง 6 เดือน จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุก 2 เดือนเพื่อวิเคราะห์คุณภาพแป้ง

3.คุณภาพมันเส้นและการเก็บรักษา

-ห้องปฏิบัติการ เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 จำนวน 500 กิโลกรัม นำมาผลิตมันเส้นโดยการหั่น และตากแดดให้แห้งจนความชื้นลดลงเหลือ 14% จากนั้นนำมันเส้นมาบรรจุในกระสอบปุ๋ย กระสอบละ 3 กิโลกรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 12 เดือน วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยทุก 2 เดือนเก็บ ตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ

-โรงงาน ทำการทดลอง ณ โรงงานมันเส้น จ. นครสวรรค์ ซึ่งผลิตมันเส้นโดยใช้เครื่องจักร และลด ความชื้นโดยการนำมาตากแดดให้แห้ง จนความชื้นเหลือ 14% ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยการกองไว้ตาม สภาพการเก็บรักษาของโรงงานเป็นเวลานาน 12 เดือน วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยทุก 2 เดือนสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ

4.วิเคราะห์คุณภาพแป้งและมันเส้น หาปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน ปริมาณโปรตีนด้วยเครื่อง nitrogen combustion น้ำมัน เถ้า เยื่อใย (AOAC, 2005) วิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brabender Micro Visco-Amylo-Graph อมิโลส (Juliano, 1979) ปริมาณแป้งสตาร์ชในมันเส้นด้วยวิธี มอก.274-2521 วิเคราะห์หา ปริมาณน้ำตาลกลูโคสและซูโครสด้วยเครื่อง HPLC วัดค่าความสว่าง (Lightness ; L*) ด้วย Spectrophotometer และวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินด้วย ELISA test kit

- เวลาและสถานที่

เวลา: ปีที่เริ่มต้น ต.ค.2559 ปีที่สิ้นสุด ก.ย. 2561

สถานที่ : 1) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร

2) แปลงเกษตรกร จ.ฉะเชิงเทรา

3) โรงงานมันเส้น จ.นครสวรรค์

4) โรงงานแป้งมัน จ.ชลบุรี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองปี 2560

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว

ปี 2560 เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 จากแปลงเกษตรกร จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 4.5 ตัน/ไร่ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมีน้อยเนื่องจากใช้แรงงานคนเก็บ โดยจะมีหัวมันขนาดเล็กมากหลงเหลืออยู่ในแปลงประมาณ 0.71% จากนั้นทำการขนส่งโดยบรรทุกกระบะมายังห้องปฏิบัติการ กวป. พบว่าเมื่อกองหัวสดทิ้งไว้ในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 3 วัน มันสำปะหลังจะสูญเสียน้ำหนักประมาณ 5.35% เมื่อเปรียบเทียบกับวันแรก และเมื่อนำหัวมันสดที่ทิ้งไว้เป็นเวลาต่างๆ มาทำแป้งสตาร์ช พบว่า หัวมันมันสำปะหลังสดที่ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วันสูญเสียแป้งถึง 3.58% (Table1) สำหรับมันสำปะหลังหัวสดที่กองไว้เป็นเวลา 6 วัน พบว่าเนื้อมันสำปะหลังเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแสดงดัง Figure 1 เนื่องจากมีเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายจึงไม่สามารถนำไปทำแป้งหรือผลิตภัณฑ์อื่นได้อีก

เมื่อเปรียบเทียบการสูญเสียปริมาณแป้งสตาร์ช ที่ผลิตจากแหล่งผลิต 2 แห่ง คือ โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จ. ชลบุรีและผลิตในห้องปฏิบัติการ พบว่าหัวมันสำปะหลังหัวสดที่กองไว้เป็นเวลา 3 วันหลังการเก็บเกี่ยวจะพบการสูญเสียปริมาณแป้งสตาร์ช 2.90% และ 3.58% เมื่อผลิตจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง และในห้องปฏิบัติการตามลำดับ (Table1) ส่วนคุณภาพของแป้งสตาร์ช เช่น ความหนืด ความชื้น เถ้า ไขมัน ไฟเบอร์ ความสว่าง และปริมาณน้ำตาล ของแป้งที่ได้จากมันสำปะหลังที่ 0 และ 3 วันหลังเก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันมากนัก

การสูญเสียคุณภาพแป้งขณะทำการเก็บรักษา

เมื่อนำแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตจากโรงงานแป้งมาทำการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง เช่น ปริมาณน้ำมัน เถ้า เส้นใย อมิโลส และน้ำตาล ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่แป้งมีความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นในทุกกรรมวิธีแต่ไม่เกิน 14.00% (Table 3-4) เนื่องจากถุงพลาสติกชนิด LLDPE สามารถแลกเปลี่ยนอากาศได้ ความชื้นแป้งจึงมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงทางสถิติเมื่อเก็บรักษาแป้งที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน โดยลดลงเหลือ 0.22% และ 0.21% ในแป้งที่ผลิตจากหัวมันสดที่อายุเก็บรักษา 0 และ 3 วัน ตามลำดับ (Table3-4) เช่นเดียวกับแป้งที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงเหลือ 0.21% และ 0.22% ในแป้งที่ผลิตจากหัวมันสด 0 และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว ตามลำดับ

ค่าความหนืดสูงสุด(Maximum viscosity) ของแป้งที่เก็บรักษานาน 12 เดือน ณ อุณหภูมิห้องมีค่าลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยลดลงเหลือ 330.75 BU และ 367.25BU (Table3) ในแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตจากหัวมันสำปะหลังสดที่ 0 และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความหนืดสูงสุดของแป้งมันสำปะหลังที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน โดยมีค่าความหนืดลดลงเหลือ 411.00 BU และ 417.75 BU ในแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตจากหัวมันสำปะหลังสดที่ 0 และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยวตามลำดับ (Table4)

น้ำตาลที่วิเคราะห์ในแป้งมันสำปะหลังมี 2 ชนิด คือ น้ำกลูโคสและซูโครส ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้ง 2 ชนิดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยน้ำตาลกลูโคส มีค่าอยู่ในช่วง 1.23-1.71%

และ 1.23-1.36% ในแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตจากหัวมันสำปะหลังสดที่ 0 และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยวตามลำดับ น้ำตาลซูโครสจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.07-1.31% และ 1.11-1.26% (Table3-4) ในแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตจากหัวมันสำปะหลังสดที่ 0 และ 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว

ค่าความสว่าง (L*) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความขาวของแป้งมีค่าอยู่ระหว่าง 1-100 ซึ่ง 100 คือ สีขาว หากมีค่าเป็น 0 คือ สีดำ เมื่อทำการเก็บรักษาแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลังสดทันทีหลังการเก็บเกี่ยว (0 วัน) โดยเก็บที่อุณหภูมิห้องและ ที่ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ในเดือนที่ 6 แป้งจะเปลี่ยนโดยมีสีคล้ำขึ้นอย่างชัดเจน โดยมีค่าความสว่างลดลง 68.35 และ 68.75 ตามลำดับ (Table3-4) เช่นเดียวกันแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลัง 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว สีแป้งจะคล้ำมากขึ้น โดยมีค่าความสว่างลดลงทั้ง 2 สภาพการเก็บรักษา มีค่า 68.30 และ 68.45 ในแป้งที่เก็บรักษาแป้งอุณหภูมิห้องและที่ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ(Table3-4)

ผลการทดลองปี 2561

การสูญเสียหลังการเกี่ยว

จากผลการทดลองการสูญเสียหลังการเกี่ยวและคุณภาพแป้งสตาร์ชในปี 2560 จึงทดลองทำการเกี่ยวเกี่ยวครั้งที่ 2 ในปี 2561 ในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 จากแปลงเกษตรกรจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 2.88 ตัน/ไร่ โดยทำการทดลองกองมันสำปะหลังทิ้งไว้หลังการเกี่ยวเป็นเวลา 0 2 3 4 และ 5 วัน พบว่า เมื่อกองทิ้งไว้ 4-5 วันหลังการเกี่ยว เนื้อมันสำปะหลังเปลี่ยนเป็นสีดำ (Figure 2) เนื่องจากการเกิดสีดำที่ท่อลำเลียงน้ำ (xylem) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็น (Uarrota and Maracchin, 2015) มันสำปะหลังจะเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังการเกี่ยว (Zainuddin et al., 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะสูญเสียแป้งและน้ำหนักหากนำไปแปรรูปล่าช้า โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น มันสำปะหลังสูญเสียน้ำหนัก 3.44% 6.31% 8.26% และ 8.91% เมื่อทำการกองทิ้งไว้นาน 2 3 4 และ 5 วัน เทียบกับน้ำหนักในวันแรกหลังการเกี่ยว เช่นเดียวกันกับการสูญเสียแป้ง เมื่อนำมาผลิตแป้งสตาร์ช พบว่าหัวมันสำปะหลังสดจะสูญเสียแป้งสตาร์ช 2.45% 6.60% 10.88% และ 11.28% เมื่อกองทิ้งไว้นาน 2 3 4 และ 5 วัน ตามลำดับเมื่อเทียบกับแป้งสตาร์ชที่ผลิตวันแรกหลังการเกี่ยว (0 วัน) (Figure3) การแปรรูปเป็นแป้งล่าช้าส่งผลต่อคุณภาพแป้ง โดยแป้งที่ทำจากมันสำปะหลัง 2-5 วันหลังการเกี่ยว พบว่ามีค่าโปรตีน น้ำมัน ค่าความหนืดสูงสุด และค่าความสว่างลดลงเมื่อเทียบกับคุณภาพเริ่มต้น ในขณะที่เยื่อใย เถ้า น้ำตาลซูโครส กลูโคส และปริมาณอมิโลสมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2)

การสูญเสียคุณภาพแป้งขณะทำการเก็บรักษา

เมื่อนำแป้งที่ผลิตได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า แป้งมีความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้นในทุกกรรมวิธีแต่ไม่เกิน 13.00% (Table 5-6) แป้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าความหนืดสูงสุดลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในปี 2560 โดยแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลัง 0 2 3 4 และ 5 วันหลังการเกี่ยว เมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่ามีค่าลดลงเหลือ 362.75 BU 315.00BU 307.25BU 313.00BU และ 333.25BU ตามลำดับ(Table 5) ในขณะที่แป้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดสูงสุดไม่แตกต่างกับคุณภาพเริ่มต้น โดยมีค่าเฉลี่ย 359.00 367.55 357.95 และ 360.45 BU เมื่อเก็บรักษานาน 0 2 4 และ 6 เดือน ตามลำดับ(Table 6) ระยะเวลาในการ

เก็บรักษาหัวสดมีผลต่อความหนืดสูงสุดของแป้ง โดยแป้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีความหนืดสูงสุดลดลงทางสถิติในแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลังหลังการเก็บเกี่ยว 2-5 วัน เมื่อเทียบกับมันสำปะหลังที่นำมาผลิตแป้งทันทีหลังการเก็บเกี่ยวในทุกอายุการเก็บรักษา เช่นเดียวกันกับแป้งที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ความหนืดสูงสุดเฉลี่ยมีค่าลดลงทางสถิติ (364.63-342.81 BU) ในแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลัง 2-5 วันหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับคุณภาพเริ่มต้น (394.44BU)

อายุการเก็บรักษาแป้งและระยะเวลาการเก็บรักษาหัวสดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับค่าความสว่างของแป้งทั้ง 2 สภาวะการเก็บรักษา โดยแป้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า แป้งมีค่าความสว่างต่ำสุดที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือน โดยมีค่าความสว่างเฉลี่ย 65.87 (Table 5-6) เนื่องจากคุณภาพเริ่มต้นที่มีค่าความสว่างน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความสว่างของแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลังที่อายุการเก็บรักษาต่างๆกัน พบว่า ในแป้งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้องมีค่าความสว่างลดลงเมื่อผลิตจากมันสำปะหลังที่แปรรูปเป็นแป้งล่าช้า 2-5 วัน เมื่อเทียบกับคุณภาพเริ่มต้น โดยมีค่าเฉลี่ย 70.56 70.19 70.25 69.81 และ 69.89 ในแป้งที่ผลิตจากมันสำปะหลัง 0 2 3 4 และ 5 วันหลังการเก็บเกี่ยว ตามลำดับ (Table 5) ส่วนแป้งที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างลดลงเมื่อผลิตจากมันสำปะหลังที่ 4 วันหลังการเก็บเกี่ยวโดยมีค่า 69.78 (Table 6)

คุณภาพมันเส้นและการเก็บรักษา

เมื่อนำมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 หลังการเก็บเกี่ยวมาผลิตเป็นมันเส้นในห้องปฏิบัติการ พบว่า สามารถผลิตมันเส้นได้ 40.64% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักหัวสด ซึ่งการสูญเสียของปริมาณมันเส้นในระหว่างการเตรียมผลิตมันเส้นอาจเกิดจากระยะเวลาในการลดความชื้น ขั้นตอนการลดความชื้นและการเตรียมตัวอย่างที่ไม่ระมัดระวัง เป็นต้น จึงทำให้เกิดการแตกหักของตัวอย่างมันเส้น มันเส้นที่ผลิตจากโรงงานใช้เครื่องจักรในการหั่นมันสำปะหลังให้เป็นชิ้น ซึ่งทำให้มีขนาดชิ้นมันไม่สม่ำเสมอ (Figure 4) เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมีของมันเส้น พบว่า มันเส้นที่ผลิตที่โรงงานและห้องปฏิบัติการมีคุณภาพเริ่มต้นใกล้เคียงกัน โดยมีความชื้นอยู่ในช่วง 9.14-9.82% โปรตีน 2.46-2.58% น้ำมัน 0.25-0.37% เถ้า 2.25-2.52% เส้นใย 1.50-1.92% แป้ง 80.73-83.25% และปริมาณสารแอฟลาทอกซิน 0-7.93 ppb ตามลำดับ (Table 7-8) เมื่อทำการเก็บรักษามันเส้นในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของมันเส้นไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยมีความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษาแต่ไม่เกิน 14.00 % และมีปริมาณสารแอฟลาทอกซินไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด อ้างอิงในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 50 ppb (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) มันเส้นที่ผลิตและเก็บรักษาที่โรงงาน พบว่าปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงทางสถิติเมื่อเก็บรักษามันเส้นนาน 4 เดือนและลดต่ำสุดที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน มีค่า 1.43% สำหรับปริมาณเถ้าเมื่อทำการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่ามีค่าลดลงเหลือ 1.64% เมื่อเทียบกับคุณภาพเริ่มต้น ในขณะที่ปริมาณน้ำมัน เส้นใย และแป้ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-0.29% 1.44-1.92% และ 74.88-81.22% ตามลำดับ โดยที่อายุการเก็บรักษา 10 เดือนแป้งมีค่าลดต่ำสุดทางสถิติ คือ 74.88% อาจเนื่องมาจากการสุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับปริมาณสารแอฟลาทอกซินมีค่าอยู่ในช่วง 0-7.93 ppb (Table 7)

ในขณะที่มันเส้นที่ผลิตที่ห้องปฏิบัติการเมื่อทำการเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่า ปริมาณโปรตีนและเถ้ามีค่าลดลงทางสถิติเมื่อเทียบกับคุณภาพเริ่มต้น โดยที่อายุเก็บรักษา 12 เดือนมีค่าลดลงเหลือ 1.74% และ 1.71%

ตามลำดับ(Table6) สำหรับปริมาณแป้ง น้ำมัน และเส้นใย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ในช่วง 80.47-85.34% (แป้ง) 0.18-0.37% (น้ำมัน) และ 1.49-1.64%(เส้นใย) ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่พบมีปริมาณ 0-13.34 ppb สำหรับแมลงที่ตรวจพบในมันเส้น คือ เหาหนังสือ มอดแป้ง มอดยาสูบด้วงวง และด้วงกาแฟ เป็นต้น

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. มันสำปะหลังจะสูญเสียปริมาณและคุณภาพหากนำมาแปรรูปล่าช้า มันสำปะหลังจะเริ่มเสื่อมสภาพเมื่อทำการเก็บรักษานาน 2 วัน โดยสูญเสียน้ำหนักหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้ง 2 วันหลังการเก็บเกี่ยวและอัตราสูญเสียเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณโปรตีน น้ำมัน ค่าความสว่างและความหนืดสูงสุดของแป้งมีค่าลดลง เมื่อทำการแปรรูปเป็นแป้งล่าช้า เพื่อลดการสูญเสียดังกล่าวจึงควรนำมันสำปะหลังมาแปรรูปทันทีหลังการเก็บเกี่ยว
2. แป้งมันสำปะหลังสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน 6 เดือนในสภาพอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยยังคงมีคุณภาพดีและมีความชื้นไม่เกิน 14.00% สำหรับแป้งมันสำปะหลังที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาได้นาน 4 เดือน โดยมีค่าความหนืดสูงสุดลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น
3. มันเส้นสามารถเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน โดยยังมีคุณภาพดี เปอร์เซ็นต์แป้งไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่เกิน 14.00%

10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เผยแพร่ข้อมูลการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังหลังการเก็บเกี่ยวแก่เกษตรกร นักวิชาการ นักศึกษาและผู้ประกอบการ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการที่เหมาะสมในแต่ละกระบวนการเพื่อลดปัญหาการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง

11. คำขอขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณโรงงานมันเส้นเฮียน้อย จ.นครสวรรค์ และโรงงานแป้งมันไค้ซังเอี้ย จ.ชลบุรี ที่อนุเคราะห์พื้นที่ในการทำการทดลองและเก็บข้อมูล

12. เอกสารอ้างอิง

- สุภัทร ธนบดีภัทร. 2561. สถานการณ์มันสำปะหลังที่เปลี่ยนแปลงไป. ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2561. ที่มา: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/DocLib_Research/cassava_situation_change.pdf
- สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย. 2561. การสำรวจผลผลิตมันสำปะหลังในปี 2558-2561. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2561. ที่มา: <http://ttaa-tapioca.org/การสำรวจผลผลิต/>.
- สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. 2562. สถิติการส่งออกมันสำปะหลัง สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2562. ที่มา: http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2561&E_YEAR=2561&PRODUCT_GROUP=5263&PRODUCT_ID=&wf_search=&WF_SEARCH=Y.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวโพดเมล็ดแห้ง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 13 หน้า.

Ajala L., O. L. Otutu and A. Bamgbose. 2012. Effects of delays processing of some physio-chemical properties of cassava starch. *American J. of Food and Nutrition*. 2(2): 31-36.

AOAC. 2005. Official Method of Analysis. 18th ed., AOAC International, Maryland, USA.

Juliano, B.O. 1979. The chemical basis of rice grain quality. Pages 69-92. *In: Proc. Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*. Inst. Los Banos , Laguna. Philippines.

Uarrotta V.G. and M. Maraschin. 2015. Metabolomic, enzymatic, and histochemical analyzes of cassava roots during postharvest physiological deterioration. *BMC Res Notes*. 8:648. DOI 10.1186/s13104-015-1580-3

Wenham, J. E. 1995. Post-harvest deterioration of cassava. A Biotechnology perspective. F.A.O. plant production and protection paper 130 Rome. 35.

Zainuddin, I.M., A. Fathoni, E. Sudarmonowati, J.R. Beeching, W. Gruiseem, H. Vanderschuren. 2017. Cassava post-harvest physiological deterioration: From triggers to symptoms. *Postharvest Biology and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.09.004>

Table 1 The percentage of weight loss and starch loss of fresh cassava root 3 days after harvesting at factory and laboratory in the year of 2017.

Qualities	Factory	Laboratory
Weight loss (%)	*	5.35
Starch loss (%)	2.90	3.58

*No data

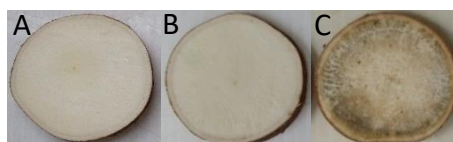


Figure 1 The characteristics of fresh cassava root at harvest (0 day) (A), 3 days (B) and 6 days (C) after harvesting in the year of 2017.



Figure 2 The characteristics of fresh cassava root at harvest (0 day) (A), 2 days (B) 3 days (C) 4 days (D) and 5 days (E) after harvesting in the year of 2018.

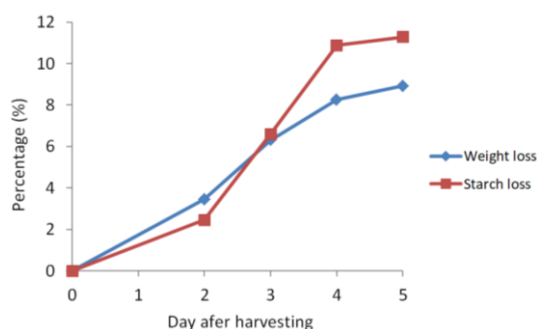


Figure3 The percentage of weight loss and starch loss of fresh cassava root at different day storage in the year of 2018.



Figure 4 Dried cassava chips from factory (A) and laboratory (B).

Table2 The component of chemical compositions of cassava starch from fresh cassava root at harvested day and stored for 2 3 4 and 5 days after harvesting.

Day after harvesting	Moisture (%)	Protein (%)	Oil (%)	Ash (%)	Fiber (%)	Amylose (%)	Max viscosity (BU)	Sucrose (%)	Glucose (%)	L*
D0	7.98 a	0.18 a	0.03 a	0.06	0.54	37.90	399.25 a	1.12	1.40	71.61 a
D2	10.81 c	0.18 a	0.02 b	0.05	0.45	37.33	360.00 b	1.11	1.40	71.28 ab
D3	9.14 b	0.13 b	0.02 b	0.06	0.44	36.44	357.00 b	1.11	1.36	71.14 ac
D4	9.66 b	0.13 b	0.02 b	0.06	0.44	36.27	345.00 b	1.01	1.34	70.89 cd
D5	9.53 b	0.13 b	0.02 b	0.06	0.41	36.13	344.00 b	1.06	1.21	70.75 d
cv (%)	6.90	9.00	26.20	29.70	21.50	3.30	3.00	4.50	12.80	0.30

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

Table3 The component of chemical compositions of cassava starch from fresh root 0 day

and 3 days after harvesting stored at room temperature for 12 months

Storage time (Month)	Moisture (%)		Protein (%)		Oil (%)		Ash (%)		Fiber (%)	
	0 day	3 days	0 day	3 days	0 day	3 days	0 day	3days	0 days	3 days
0	11.49 cd	10.97 e	0.28 a	0.25 a	0.023	0.027	0.26	0.26	0.28	0.28
2	11.30 d	10.51 f	0.28 a	0.25 a	0.025	0.025	0.23	0.23	0.30	0.24
4	12.41 b	11.83 c	0.27 a	0.27 a	0.025	0.027	0.33	0.33	0.22	0.27
6	11.67 c	11.30 d	0.28 a	0.28 a	0.025	0.028	0.25	0.25	0.26	0.23
8	11.51 cd	11.50 d	0.28 a	0.27 a	0.025	0.024	0.28	0.28	0.29	0.24
10	13.27 a	12.79 b	0.26 a	0.25 a	0.023	0.022	0.25	0.25	0.27	0.28
12	13.36 a	13.25 a	0.22 b	0.21 b	0.023	0.024	0.20	0.20	0.23	0.23
	cv(b) = 1.70		cv(b) = 9.10		cv(b) = 22.80		cv(b) = 25.30		cv(b) = 19.30	
	Max viscosity (BU)		Sucrose (%)		Glucose (%)		Amylose (%)		Lightness (L*)	
0	487.75 a	509.25 a	1.12 b	1.13 bc	1.23 c	1.23 c	35.63 a	35.38 ab	94.10 a	94.38 a
2	459.50 b	483.25 b	1.22 a	1.29 a	1.30 b	1.33 ab	32.52 b	32.77 c	94.25 a	94.07 a
4	396.25 c	470.00 b	1.11 b	1.12 bc	1.29 bc	1.27 bc	36.10 a	37.28 a	94.56 a	94.40 a
6	349.50 d	452.00 c	1.12 b	1.17 b	1.35 ab	1.34 a	35.14 a	35.43 ab	68.35 b	68.30 b
8	349.50 d	386.25 e	1.15 b	1.10 c	1.39 a	1.38 a	34.56 a	34.36 bc	67.87 b	67.37 b
10	323.50 e	417.75 d	1.09 b	1.09 c	1.29 bc	1.34 a	34.36 ab	33.68 bc	68.04 b	60.24 c
12	330.75 e	367.25 f	1.10 b	1.13 bc	1.36 ab	1.35 a	34.44 ab	33.11 c	67.32 b	67.17 b
	cv(b) = 2.6%		cv(b) = 3.30		cv(b) = 3.30		cv(b) = 3.70		cv(b) = 5.10	

cv(a) = insufficient error df

In a

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

Table 4 The component of chemical compositions of cassava starch from fresh root 0 day and 3 days after harvesting stored at 10 °C for 12 months

Storage time (Month)	Moisture (%)		Protein (%)		Oil (%)		Ash (%)		Fiber (%)	
	0 day	3 days	0 day	3 days	0 day	3 days	0 day	3days	0 days	3 days
0	11.49 cd	11.43 c	0.28 a	0.28 ab	0.023	0.027	0.25	0.26	0.27	0.26
2	10.81 e	10.64 d	0.27 a	0.27 ab	0.021	0.023	0.23	0.25	0.28	0.27
4	12.52 b	12.00 b	0.27 a	0.27 ab	0.026	0.023	0.28	0.28	0.25	0.24
6	11.32 d	10.52 d	0.30 a	0.29 a	0.029	0.027	0.25	0.25	0.27	0.24
8	11.83 c	10.83 d	0.28 a	0.25 bc	0.022	0.024	0.25	0.27	0.25	0.24
10	12.97 a	12.21 b	0.28 a	0.28 ab	0.021	0.024	0.24	0.25	0.26	0.27

12	13.25 a	12.60 a	0.21 b	0.22 c	0.025	0.020	0.24	0.25	0.25	0.26
	cv(b) =2.0		cv(b) =9.40		cv(b) =26.50		cv(b) =14.60		cv(b) =10.0	
	Max viscosity (BU)		Sucrose (%)		Glucose (%)		Amylose (%)		Lightness (L*)	
0	487.75 a	509.25 a	1.12 b	1.13 bc	1.23 bc	1.23	35.63 ab	35.38 bc	94.10 c	94.38 ab
2	493.25 a	499.75 a	1.17 b	1.19 ab	1.32 bc	1.28	33.64 bc	33.39 cd	94.48 b	94.27 b
4	484.75 a	505.50 a	1.16 b	1.12 bc	1.34 bc	1.29	36.73 a	37.95 a	94.73 a	94.50 a
6	490.75 a	507.00 a	1.31 a	1.23 a	1.71 a	1.35	35.63 ab	36.25 ab	68.70 d	68.45 c
8	411.00 b	417.75 b	1.16 b	1.11 bc	1.19 c	1.38	33.45 bc	33.67 cd	67.87 f	67.34 e
10	404.75 b	426.25 b	1.09 b	1.16 abc	1.37 b	1.37	33.25 c	32.00 d	68.16 e	67.97 d
12	407.50 b	426.75 b	1.11 b	1.10 c	1.37 b	1.31 a	33.90 bc	35.79 b	67.43 g	67.17 e
	cv(b) =1.7		cv(b) =4.4		cv(b) =7.3		cv(b) =4.0		cv(b) =0.2	

cv(a) = insufficient error df

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

Table 5 The Moisture content, Max viscosity and Lightness (L*) of cassava starch from fresh cassava root at different days of storage and stored at room temperature for 6 months

	Storage time (Month)	Day after harvesting (D)					M-Mean
		0	2	3	4	5	
Moisture (%)	0	8.07 c C	10.22 b A	9.10 b B	9.51 c B	9.56 b B	9.41
	2	9.94 b C	12.02 a A	11.07 a B	11.64 b AB	12.04 a A	11.34
	4	11.12 a B	12.02 a A	11.83 a A	12.52 a A	12.57 a A	12.01
	6	11.21 b A	11.89 a AB	11.47 a AB	11.82 ab AB	12.02 a A	11.68
	D-Mean	10.08	11.68	10.87	11.37	11.55	11.11
		cv(a)=7.4%		cv(b)=2.10%			
Max Viscosity (BU)	0	399.25 a A	344.50 a B	359.50 a B	340.50 a B	358.00 a B	360.35
	2	373.50 b A	333.75 ab B	344.50 a AB	324.50 b B	330.75 b B	341.40
	4	396.25 a A	320.25 b B	313.50 b B	309.25 b B	312.75 b B	330.40
	6	362.75 b A	315.00 b B	307.25 b B	313.00 b B	333.25 b B	326.25
	D-Mean	382.94	328.76	331.19	321.81	333.69	339.60
		cv(a)=8.3%		cv(b)=4.60%			
Lightness (L*)	0	71.61	71.29	71.13	70.69	70.83	71.11 b
	2	66.22	65.91	66.10	65.55	65.57	65.87 c
	4	72.26	71.99	71.87	71.47	71.53	71.82 a

6	72.15	71.58	71.90	71.55	71.65	71.77 a
D-Mean	70.56 A	70.19 B	70.25 B	69.81 C	69.89 C	70.14
		cv(a)=0.5%	cv(b)=0.3%			

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 6 The Moisture content, Max viscosity and Lightness (L*) of cassava starch from fresh cassava root at different days of storage and stored at 10 °C for 6 months

	Storage time (Month)	Day after harvesting (D)					M-Mean
		0	2	3	4	5	
Moisture (%)	0	8.22 b C	10.97 a A	9.18 b B	9.82 b B	9.51 b B	9.54
	2	9.23 a C	12.04 a A	10.25 a B	10.76 a B	10.77 a B	10.61
	4	9.58 a C	12.13 a A	10.52 a B	11.51 a A	11.34 a A	11.02
	6	9.50 a B	11.55 ab A	10.09 a B	10.96 a A	11.25 a A	10.67
	D-Mean	9.13	11.67	10.01	10.76	10.72	10.46
			cv(a)=9.60%	cv(b) =1.90%			
Max Viscosity (BU)	0	387.50	344.00	360.50	349.50	356.00	359.00 b
	2	399.75	353.00	371.75	353.50	359.75	367.55 a
	4	400.25	330.00	363.75	343.00	352.75	357.95 b
	6	390.25	344.25	362.50	350.00	355.25	360.45ab
	D-Mean	394.44 A	342.81 C	364.63 B	349.00 BC	355.94 BC	361.36
			cv(a)=7.40%	cv(b) =3.20%			
Lightness (L*)	0	71.68	71.13	71.16	70.80	70.95	71.14 b
	2	66.17	65.95	66.02	65.64	65.58	65.87 c
	4	72.26	71.97	71.92	71.50	71.16	71.76 a
	6	71.69	71.78	71.85	71.85	71.18	71.64 a
	D-Mean	70.45 A	70.21 A	70.24 A	69.78 B	69.78 B	69.83
			cv(a)=0.6%	cv(b)=0.4%			

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 capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 7 Component of the chemical compositions of cassava chip from factory stored at room temperature for 12 months

Storage time (Month)	Moisture (%)	Protein (%)	Oil (%)	Ash (%)	Fiber (%)	Starch (%)	Aflatoxin (ppb)
0	9.14 f	2.58 a	0.25 ab	2.52 a	1.53	80.73 a	7.93

2	10.33 e	2.53 a	0.27 ab	2.04 b	1.44	80.28 a	7.28
4	11.00 d	1.86 b	0.30 a	1.63 de	1.49	80.48 a	6.10
6	12.65 b	1.69 b	0.16 c	1.55 e	1.55	81.22 a	ND
8	13.57 a	1.80 b	0.16 c	1.74 cd	1.67	81.19 a	ND
10	13.47 a	1.66 b	0.23 b	1.82 c	1.56	74.44 b	3.70
12	12.03 c	1.43 c	0.29 a	1.64 de	1.65	80.48 a	ND
cv(%)	11.76	4.40	15.60	5.20	13.60	1.30	-

ND=not detected

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

Table 8 Component of the chemical compositions of cassava chip from laboratory stored at room temperature for 12 months

Storage time (Month)	Moisture (%)	Protein (%)	Oil (%)	Ash (%)	Fiber (%)	Starch (%)	Aflatoxin (ppb)
0	9.82 d	2.46 a	0.23 ab	2.25 a	1.86 ab	83.25 b	3.35
2	13.46 b	1.79 c	0.21 ab	1.13 e	1.54 b	85.33 a	13.45
4	13.95 a	2.24 b	0.22 ab	1.37 d	2.03 a	85.14 a	6.02
6	13.65 b	1.61 d	0.16 b	1.38 d	1.71 ab	83.39 b	6.12
8	12.58 c	1.33 e	0.18 b	1.56 c	1.54 b	80.47 d	3.00
10	13.45 b	1.63 d	0.18 b	1.44 cd	1.49 b	81.12 cd	ND
12	13.56 b	1.74 cd	0.26 a	1.71 b	1.86 ab	82.56 bc	ND
cv(%)	1.11	5.50	21.00	6.20	13.40	1.20	-

ND=not detected

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