

อิทธิพลของฤดูปลูก พันธุ์ และอายุเก็บเกี่ยว ต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีในหัวมันสำปะหลัง

Effect of Planting Seasons, Varieties and Harvesting Times on Biochemical Properties of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Roots

โอภาส บุญเสง¹ วิลัย สันติโสภาสรี² อนุศาสตร์ สุ่มมัตย์¹ และดลใจ แพทย์กระโทก¹
Opas Boonseng, Vilai Santisopasri, Anusart Soommart and Doljai Paetayakratok

ABSTRACT

A study on planting seasons, varieties and harvesting times affecting biochemical properties of cassava roots was conducted on six cassava varieties ; Rayong 1, Rayong 60, Rayong 90, Rayong 5, Kasetsart 50 and CMR33-57-81. The data collection was harvested at 6, 8, 10 and 12 months after planting. This experiment was studied on Warin soil series at Kham Talaesau Farm, Nakhon Ratchasima in early (May) and late (October) rainy seasons, 1996. The results of this study indicated that Rayong 90 and Kasetsart 50 gave high average starch content both in the early and late rainy planting seasons. Planting in early and late rainy seasons gave highest starch content at 8 and 12 months after planting, respectively. There were significant differences in the average content of starch between planting seasons.

Biochemical properties of cassava roots like lipid and protein decrease starch viscosity and cause the rancidity of cassava starch. Phenolic compounds caused darkening of cassava starch. Moreover, the toxic cyanide and dense fiber imposed difficulties in industrial starch production process. The results of the study revealed that Rayong 90 gave low lipid, protein and fiber content and also Rayong 5 gave low cyanide and phenolic compounds content. Both lipid and phenolic compounds content were low at 6-8 months after planting. Protein and fiber content were low at 12 and 10 months after planting, respectively. Cyanide content was low during the rainy season and

¹ สถานีทดลองพืชไร่บ้านใหม่สำโรง อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา 30340

Banmai Samrong Field Crops Experiment Station, Sikhiu, Nakhon Ratchasima 30340, Thailand.

² หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Cassava and Starch Technology Research Unit, Kasetsart Agricultural and Agro- Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

high during the dry season. Soil moisture content negatively correlated with cyanide content. There were no significant differences of the average contents of lipid, cyanide and phenolic among planting seasons.

Amylose content and amylose size which determine physicochemical properties of starch were not different among cassava varieties. Harvesting cassava at early rainy season caused the reduction of amylose content and size, due to their regrowth as a result of amylose hydrolysis in which glucose was used as the energy source to produce their vegetative growth.

Key words : cassava, planting season, variety, harvesting time, biochemical properties of roots

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของฤดูปลูก พันธุ์ และอายุเก็บเกี่ยวต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีในหัวสดมันสำปะหลัง โดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 ระยอง 90 ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 และ CMR33-57-81 เก็บเกี่ยวที่อายุ 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก โดยปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม และปลายฤดูฝนในเดือนตุลาคม ของปี 2539 ในดินชุดวาริน ณ ไร่เกษตรกรในเขตอำเภอบางละมุง จังหวัดนครราชสีมา ผลการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดสูง ทั้งในการปลูกต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน การปลูกต้นฤดูฝนปริมาณแป้งในหัวสดจะสูงสุดที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก แต่การปลูกปลายฤดูฝนปริมาณแป้งในหัวสดจะสูงสุดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก การปลูกต้นฤดูฝนให้ปริมาณแป้งในหัวสดโดยเฉลี่ยสูงกว่าการปลูกปลายฤดูฝน

องค์ประกอบทางชีวเคมีในหัวสดของมันสำปะหลัง ได้แก่ ลิพิด และโปรตีน ซึ่งมีผลให้ความหนืดของแป้งลดลง เกิดสีและกลิ่นหืนกับแป้ง สารไซยาไนด์เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ เกิดมลภาวะในระหว่างกระบวนการผลิตแป้ง สารฟีนอลิกทำให้เนื้อแป้งสีคล้ำ และเส้นใยทำให้เกิดความยุ่งยากในกระบวนการผลิต จากการศึกษาการปลูกต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่า พันธุ์ระยอง 90 ให้แป้งที่มีลิพิด โปรตีน และเส้นใยในปริมาณต่ำ ส่วนพันธุ์ระยอง 5 ให้แป้งที่มีสารไซยาไนด์ และฟีนอลิกในปริมาณต่ำ

สำหรับอายุเก็บเกี่ยว พบว่า ปริมาณลิพิด และฟีนอลิกจะต่ำที่ช่วงอายุ 6-8 เดือนหลังปลูก ปริมาณโปรตีนและเส้นใยจะต่ำที่อายุ 12 และ 10 เดือนหลังปลูก ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝนจะให้ปริมาณไซยาไนด์ต่ำ เพราะความชื้นของดินมีผลต่อปริมาณไซยาไนด์ การปลูกต้นฤดูฝนให้แป้งที่มีลิพิด ไซยาไนด์ และฟีนอลิกในปริมาณโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับการปลูกปลายฤดูฝน แต่มีเส้นใยต่ำกว่าการปลูกปลายฤดูฝน

ปริมาณและขนาดของอะมิโลสจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งหรือการเกิดเจลลิตในซังของแป้ง พบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ที่ศึกษามีปริมาณและขนาดของอะมิโลสใกล้เคียงกัน การเก็บเกี่ยวในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตใหม่อีกครั้งหนึ่ง (regrowth) ปริมาณอะมิโลสและขนาดของอะมิโลสลดลง เนื่องจากมันสำปะหลังได้รับน้ำฝน จะมีการเจริญเติบโตส่วนต้นและใบ จึงเกิดการกระบวนการไฮโดรไลซิสอะมิโลส เพื่อให้ได้กลูโคสไปผลิตพลังงานสร้างต้นและใบต่อไป

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นแหล่งผลิตคาร์โบไฮเดรตที่มีประสิทธิภาพพืชหนึ่งในเขตร้อนบริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังพบได้ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ สามารถขึ้นได้ในดินทั่วไป แม้แต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปลูกพืชอื่นไม่ได้ผลแล้ว ทนทานต่อสภาพดินที่เป็นกรดและด่างได้ดี (Rogers and Appan, 1971) จากการคาดคะเนที่ผ่านมา

พบว่า ประชากรโลกในเขตร้อนประมาณ 70 ล้านคนใช้พลังงานที่มาจากมันสำปะหลังมากกว่าวันละ 500 แคลอรี และประมาณ 500 ล้านคนใช้พลังงานที่มาจากมันสำปะหลังมากกว่าวันละ 100 แคลอรี (Cock, 1985) สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง รองจากข้าว มีพื้นที่ปลูกประมาณ 6 ล้านไร่ ผลผลิตหัวสดทั้งประเทศมีประมาณ 15 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2.6 ตันต่อไร่ ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การแปรรูปหัวมันสำปะหลังสดให้เป็นแป้งมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมดมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ประมาณ 2 หมื่นล้านบาท (สมาคมการค้าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง, 2540)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า พันธุ์และสภาพแวดล้อมมีผลต่อน้ำหนักแห้งในหัวสด (Kawano *et al.*, 1987) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า พันธุ์และอายุเก็บเกี่ยวมีผลต่อความหนืดของแป้ง (CIAT, 1994) ความหนืดของแป้งนี้จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ลิพิด โปรตีน เส้นใย ขนาดเม็ดแป้ง และการจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเม็ดแป้ง (Leach *et al.*, 1959) นอกจากนี้ องค์ประกอบทางชีวเคมีในหัวสดมีผลต่อคุณภาพแป้งและกระบวนการผลิตแป้งด้วย ได้แก่ ลิพิด และโปรตีน ทำให้ความหนืดลดลง เกิดสีและกลิ่นหืนขึ้น (Wheatley *et al.*, 1985) สารไซยาไนด์เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เกิดมลภาวะในระหว่างกระบวนการผลิตแป้ง (รติยา, 2529) สารฟีนอลิกทำให้เนื้อแป้งมีสีคล้ำ (Wheatley *et al.*, 1985) และเส้นใยทำให้เกิดความยุ่งยากในกระบวนการผลิตและทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีในหัวมันสำปะหลังพันธุ์ที่สำคัญของประเทศไทยที่อายุเก็บเกี่ยวต่าง ๆ กัน เพื่อจะได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตมันสำปะหลัง ตลอดจนเป็นแนวทางให้กับนักปรับปรุงพันธุ์ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อให้ได้แป้งที่มีคุณภาพตรงกับความต้องการของอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ วางแผนการทดลองแบบ split plot design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักที่ศึกษา คือ มันสำปะหลัง 6 พันธุ์ ได้แก่ ระยะเวลา 1 ระยะของ 60 ระยะของ 90 ระยะของ 5 เกษตรศาสตร์ 50 และ CMR33-57-81 ปัจจัยรองที่ศึกษา คือ อายุเก็บเกี่ยว 4 ครั้ง ได้แก่ 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ศึกษาการปลูกมันสำปะหลัง 2 ฤดูกาล คือ ดันฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม และปลายฤดูฝนในเดือนตุลาคม ของปี 2539 ซึ่งปลูกมันสำปะหลังด้วยระยะ 1x1 เมตร เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีดาร์บี 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ กำจัดวัชพืชตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร

ศึกษาปริมาณน้ำฝนที่มันสำปะหลังได้รับแต่ละเดือนหลังจากปลูก ตลอดช่วงของการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นของดินตลอดช่วงของการเจริญเติบโต โดยหาความชื้นดินทุก ๆ เดือนที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ด้วยการเจาะดินมาอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง หรืออบจนน้ำหนักของดินคงที่ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการเก็บเกี่ยวหัวสดมันสำปะหลังที่อายุ 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก เพื่อวัดปริมาณแป้งในหัวสดโดยเครื่องชั่ง Reimann scale และนำหัวสดมาปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้น แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของหัว ดังนี้

1. ปริมาณลิพิด ศึกษาปริมาณลิพิด โดยใช้เครื่อง Soxtec system HT2 ของ Tecator (Sweden)
2. ปริมาณโปรตีน ศึกษาปริมาณโปรตีน โดยใช้เครื่อง Kjeltac system ของ Tecator (Sweden)
3. ปริมาณเส้นใย ศึกษาปริมาณเส้นใย โดยวิธีการของ AOAC (1975)
4. ปริมาณไซยาไนด์ โดยวิธี Essers *et al.* (1993) ซึ่งได้ปรับปรุงวิธีการของ Cooke and Maduagwa (1978) และ O' Brien *et al.* (1991) โดยทำให้เกิดสีของสารเชิงซ้อน ด้วยสารละลาย 1,3 - dimethyl barbituric acid และกรด isonicotinic แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 605

นาโนเมตร

5. ปริมาณฟีนอลิก โดยวิธีการของ Swain and Hills (1959) สามารถสกัดสารฟีนอลิกในหัวมันสำปะหลัง โดยต้มกับสารละลายแอลกอฮอล์ แล้วทำให้เกิดสีด้วย สารละลาย Folin-Ciocalteu reagent จากนั้นนำมาวัด ค่าการดูดแสงที่ 660 นาโนเมตร เทียบกับสารละลาย มาตรฐานของ catechol acid

6. ปริมาณอะมิโลสและขนาดอะมิโลส (degree of polymerization, DPn) ดัดแปลงวิธีการของ Govindasamy *et al.* (1992) โดยใช้เทคนิค High Performance Size Exclusion Chromatography (HPSEC) ของ Water Associates (Miliford, MA., USA.) ประกอบด้วยปั๊มรุ่น 510 ดีเทคเตอร์ชนิดรีเฟกทีฟอินเด็กซ์ รุ่น 410 และใช้ 3 คอลัมน์ต่อกันตามลำดับ ดังนี้คือ Ultrahydrogel linear, Ultrahydrogel 120 และ Ultrahydrogel 120 โดยควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ให้อยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส ใส่ตัวอย่างครั้งละ 20 ไมโครลิตร ใช้น้ำดีไอไอไนซ์ที่ ผ่านการกรอง โดยกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน และ กำจัดก๊าซด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์ (Branson Ultrasonic 2210) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม PC 800 Integrator โครมาโทแกรมที่ได้จะบันทึกค่า Retention time (RT) ของอะมิโลส และคำนวณหาค่า degree of polymerization (DPn) เทียบกับสารละลายเดกซ์แทรนมาตรฐาน ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่าง ๆ กัน รวมทั้งการบันทึกค่าพื้นที่ใต้กราฟของอะมิโลสจากตัวอย่างแป้งมันสำปะหลัง และคำนวณปริมาณอะมิโลสเทียบกับสารมาตรฐาน เดกซ์แทรน

ทำการศึกษาดินในดินชุดวาริน ณ ไร่เกษตรกรบ้าน พันดุง ตำบลพันดุง อำเภอยางตลาด จังหวัด นครราชสีมา ซึ่งตั้งอยู่เส้นรุ้งที่ 14 องศา 45 ลิปดาเหนือ ขูดดินนี้เป็นดินร่วนทราย (loamy sand) ความเป็นกรด เป็นด่าง (pH) 6.2 ค่าการนำไฟฟ้า 0.053 มิลลิโอห์ม ต่อเซนติเมตร ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity) 3.56 meq /100 g อินทรีย์วัตถุ 0.655 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ 15.6 ppm และโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 30 ppm

ผลและวิจารณ์

ปริมาณแป้งในหัวสด (starch content)

จากการศึกษาปริมาณแป้งในหัวสด (Table 1) พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดสูงสุดทั้งในการปลูกต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน ในเรื่องอายุเก็บเกี่ยว พบว่า การปลูก ต้นฤดูฝน ปริมาณแป้งในหัวสดสูงสุดที่อายุ 8 เดือน หลังปลูก เนื่องจากในระยะนี้ มันสำปะหลังยังมีการ สะสมแป้งอยู่ตามปกติ ถ้าพิจารณาความชื้นของดินใน Figure 1 และ 2 พบว่า ความชื้นในดินค่อนข้างต่ำ หัวมันสำปะหลังดูดน้ำได้น้อย มีผลให้ปริมาณแป้งใน หัวสดสูง หลังจากนั้น พื้นที่ที่ไบนลดลงต่ำมากเมื่อเข้าสู่ ช่วงฤดูแล้ง การสร้างแป้งด้วยกระบวนการสังเคราะห์ แสงเกิดขึ้นได้น้อย ในขณะที่เดียวกันการหายใจยังคงเกิด ขึ้น มีผลให้ปริมาณแป้งในหัวสดลดลง และเมื่อเข้าสู่ ช่วงต้นฤดูฝน คือ ที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ปริมาณ แป้งจะลดลง เนื่องจากแป้งที่สะสมในหัวสดจะถูก เปลี่ยนเป็นน้ำตาล เพื่อนำไปผลิตพลังงานสร้างกิ่งและ ใบใหม่ สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน พบว่า ปริมาณ แป้งในหัวสดสูงสุดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก เนื่องจาก อายุเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงฤดูฝน มันสำปะหลังมี การเจริญเติบโตและสะสมแป้งตามปกติ (โอภาส, 2539) ในเรื่องของฤดูปลูก พบว่า การปลูกต้นฤดูฝนให้ ปริมาณแป้งในหัวสดโดยเฉลี่ยสูงกว่าการปลูกปลายฤดู ฝนมาก เพราะว่าการปลูกปลายฤดูฝนในระยะแรกของการ เจริญเติบโต ได้รับผลกระทบจากฤดูแล้งหรือฝนทิ้ง ช่วงยาวนาน การขาดน้ำในช่วงระยะแรกของการเจริญ เติบโต มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพ มากกว่าการขาดน้ำ ในช่วงระยะกลางและปลายของการเจริญเติบโต (Oka *et al.*, 1985)

ปริมาณลิพิด (lipid content)

จากการศึกษาปริมาณลิพิด (Table 1) พบว่า มัน สำปะหลังแต่ละพันธุ์ที่ศึกษาให้ปริมาณลิพิดใกล้เคียง กันเมื่อปลูกต้นฤดูฝนแต่การปลูกปลายฤดูฝนพันธุ์ระยอง

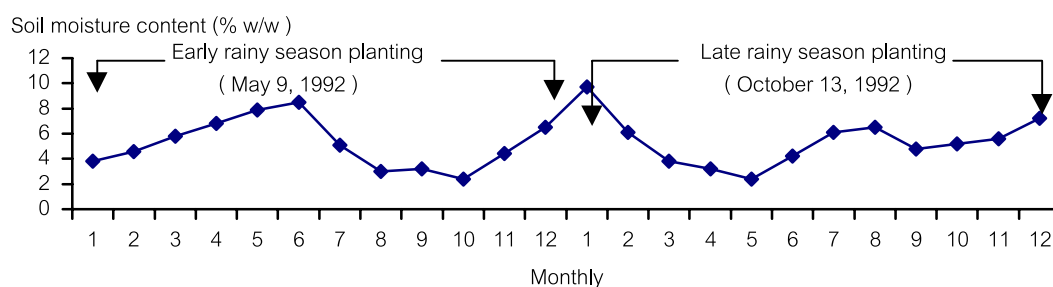
Table 1 Starch, lipid, protein and cyanide content of six cassava varieties and four harvesting periods when planted on Warin soil series at Nakhon Ratchasima in the early (E) and late (L) rainy seasons, 1996.

Factors	Starch content (%) ^{1/}		Lipid content (%) ^{1/}		Protein content (%) ^{1/}		Cyanide content (%) ^{1/}	
	E	L	E	L	E	L	E	L
1. Variety								
Rayong 1	22.6c	9.0d	0.244	0.162bc	2.244	3.167	143	103cd
Rayong 60	23.3bc	9.4d	0.155	0.167bc	2.099	2.728	99	139ab
Rayong 90	27.9a	15.9a	0.170	0.140c	1.775	2.659	77	155bc
Rayong 5	24.6b	13.1b	0.228	0.182bc	2.144	2.796	167	81d
Kasetsart 50	26.7a	15.5a	0.231	0.246a	2.506	3.214	95	160a
CMR33-57-81	24.1bc	11.2c	0.200	0.214ab	2.299	3.054	73	107d
LSD _{0.05}	2.0	1.5	ns	0.058	ns	ns	ns	34
CV (%)	8.9	13.1	44.1	33.2	25.9	128.9	110.0	31.4
2. Harvesting time (month after planting , MAP)								
6 MAP	23.3b	2.3c	0.210	0.159b	2.164	3.678a	10b	147a
8 MAP	27.9a	14.4b	0.143	0.171b	2.128	3.172b	206a	95b
10 MAP	24.9 b	16.3a	0.222	0.212a	2.144	2.495c	205a	90b
12 MAP	23.3b	16.7a	0.243	0.198a	2.274	2.399c	16b	138a
LSD _{0.05}	1.7	1.2	ns	0.021	ns	0.268	85	28
CV (%)	10.1	14.6	65.6	20.6	15.9	123.4	116.3	34.9
Average ²	24.9a	12.4b	0.204a	0.185a	2.178b	2.936a	109a	117a

¹ In a column, means followed by a common letter are not significantly at $P < 0.05$ by LSD

² In this row, means of different planting seasons in the same biochemical characteristic followed by a common letter are not significantly at $P < 0.05$ by LSD

ns = non-significant

**Figure 1** Variation in monthly soil moisture content after planting of cassava on Warin soil series at Nakhon Ratchasima in the early and late rainy seasons, 1996.

90 จะให้ปริมาณลิวินต่ำที่สุด ในเรื่องของอายุเก็บเกี่ยว พบว่า การปลูกต้นถั่วฝักยาวให้ปริมาณลิวินใกล้เคียงกันในช่วงอายุ 6-12 เดือนหลังปลูก แต่การปลูกปลายถั่วฝักยาว ปริมาณลิวินจะต่ำในช่วงอายุ 6-8 เดือนหลังปลูก หลังจากนั้น ปริมาณลิวินจะเพิ่มขึ้น เมื่อมันสำปะหลังมีอายุมากขึ้น ในเรื่องของถั่วปลูก พบว่า การปลูกต้นถั่วฝักยาวให้ปริมาณลิวินโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับการปลูกปลายถั่วฝักยาว จากการศึกษาขั้นพื้นฐาน ลิวินมักอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน คือ amylose lipid complexes สารประกอบนี้ทำให้เม็ดแป้งทนทานต่อการพองตัว มีผลทำให้ความหนืดลดลง (Leach *et al.*, 1959) นอกจากนี้ ถ้ามีลิวินปนเปื้อนอยู่ในแป้ง มีผลให้แป้งมีกลิ่นหืน และเก็บรักษาได้ไม่นาน (Whistler *et al.*, 1984)

ปริมาณโปรตีน (protein content)

จากการศึกษาปริมาณโปรตีน (Table 1) พบว่า ปริมาณโปรตีนในแต่ละพันธุ์ที่ศึกษาใกล้เคียงกันทั้งในการปลูกต้นถั่วฝักยาวและปลายถั่วฝักยาว ในเรื่องของอายุเก็บเกี่ยว พบว่า ปริมาณโปรตีนของการปลูกต้นถั่วฝักยาวใกล้เคียงกันในช่วงอายุ 6-12 เดือนหลังปลูก แต่การปลูกปลายถั่วฝักยาว ปริมาณโปรตีนจะต่ำในช่วงอายุ 10-12 เดือนหลังปลูก ในเรื่องของถั่วปลูก พบว่า การปลูกปลายถั่วฝักยาวให้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยสูงกว่าการปลูกต้นถั่วฝักยาว จากการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า แป้งที่มีโปรตีนปนเปื้อนอยู่ด้วย จะมีผลให้ความหนืดลดลง แป้งมีกลิ่นหืน และเก็บรักษาได้ไม่นานเช่นเดียวกับเมื่อมีลิวินปนอยู่ด้วย (Whistler *et al.*, 1984)

ปริมาณไซยาไนด์ (cyanide content)

จากการศึกษาปริมาณไซยาไนด์ในหัวสดมันสำปะหลัง (Table 1) พบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ที่ศึกษาให้ปริมาณไซยาไนด์ใกล้เคียงกันเมื่อปลูกต้นถั่วฝักยาว ส่วนการปลูกปลายถั่วฝักยาว พันธุ์ระยอง 5 ให้ปริมาณไซยาไนด์ต่ำสุด ในเรื่องของอายุเก็บเกี่ยว พบว่า ปริมาณไซยาไนด์ขึ้นอยู่กับความชื้นของดินขณะเก็บเกี่ยว (Figure 1 และ 2) ถ้าเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง ปริมาณไซยาไนด์จะสูง ดังจะเห็นได้จากการเก็บเกี่ยวในช่วงอายุ

8-10 เดือนหลังปลูกของการปลูกต้นถั่วฝักยาว และที่อายุ 6 และ 12 เดือนหลังปลูกของการปลูกปลายถั่วฝักยาว ปริมาณไซยาไนด์จะลดลงต่ำ เมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูฝน ดังจะเห็นได้จากการเก็บเกี่ยวในช่วงอายุ 8-10 เดือนหลังปลูกของการปลูกปลายถั่ว และที่อายุ 6 และ 12 เดือนหลังปลูกของการปลูกต้นถั่วฝักยาว ในเรื่องของถั่วปลูก พบว่า การปลูกมันสำปะหลังต้นถั่วฝักยาวให้ปริมาณไซยาไนด์โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับการปลูกปลายถั่วฝักยาว

จากการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า ในเนื้อเยื่อของมันสำปะหลัง มีสารประกอบพวก linamarin และ lotaustralin เมื่อเนื้อเยื่อของพืชถูกทำลาย จะมีการสลายตัวของสารประกอบพวกนี้ โดยขบวนการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำย่อย linamarase ได้กรดอะมิโน และกรดไฮโดรไซยานิกปรากฏการณ์นี้จะปลดปล่อยกรดไฮโดรไซยานิกออกมา ซึ่งเข้าใจกันว่าเป็นการป้องกันตนเองของพืชจากการถูกทำลายโดยสัตว์และแมลง ปริมาณกรดที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ จะต้องมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหัวมันปอกเปลือก (Hughes *et al.*, 1994) สารไซยาไนด์มีด้วยกัน 2 รูป คือ ไซยาไนด์ในรูปอิสระและไซยาไนด์ในรูปเกาะติด ซึ่งการนี้ไม่สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ในรูปเกาะติดได้ (รติยา, 2529)

ปริมาณฟีนอลิก (phenolic content)

จากการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกในหัวสดมันสำปะหลัง (Table 2) พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ให้ปริมาณสารฟีนอลิกต่ำสุดทั้งในการปลูกต้นถั่วฝักยาวและปลายถั่วฝักยาว ในเรื่องของอายุเก็บเกี่ยว พบว่า สารฟีนอลิก จะมีปริมาณต่ำที่อายุ 6 เดือนหลังปลูกทั้งในการปลูกต้นถั่วฝักยาวและปลายถั่วฝักยาว ปริมาณสารฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกทั้งในการปลูกต้นถั่วฝักยาวและปลายถั่วฝักยาว ในเรื่องของถั่วปลูก พบว่า การปลูกต้นถั่วฝักยาวให้ปริมาณสารฟีนอลิกโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับการปลูกปลายถั่วฝักยาว จากการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า สารประกอบพวกฟีนอลิก จะอยู่ในเนื้อเยื่อ parenchyma สารดังกล่าวนี้เมื่อถูกออกซิไดส์ จะเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบพวกแทนนิน ทำให้เห็นเป็นสีน้ำตาล และดำในเนื้อหัวของมันสำปะหลัง (Wheatley *et al.*, 1985)

Table 2 Phenolic content, fiber content, amylose content and amylose size (DPn) of six cassava varieties and four harvesting peroids when planted on Warin soil series at Nakhon Ratchasima in early (E) and late (L) rainy season,1996.

Factors	Phenolic content (%) ^{1/}		Fiber content (%) ^{1/}		Amylose content (%) ^{1/}		Amylose size ^{1/}	
	E	L	E	L	E	L	E	L
1. Variety								
Rayong 1	0.1233b	0.1135c	1.756	3.061a	21.28	18.06b	2,841	3,836
Rayong 60	0.1225b	0.1230b	1.917	2.579ab	19.45	19.69a	3,197	3,529
Rayong 90	0.1215b	0.1171b	1.488	2.487b	20.11	20.22a	2,976	3,798
Rayong 5	0.1121c	0.1058c	1.625	2.377b	20.63	20.12a	3,216	3,762
Kasetsart 50	0.1367a	0.1347a	1.661	2.292b	19.25	19.53a	2,857	3,907
CMR33-57-81	0.1186b	0.1201b	1.771	2.166b	18.41	19.98a	2,924	3,613
LSD _{0.05}	0.0009	0.0029	ns	0.003	ns	1.14	ns	ns
CV (%)	10.5	16.1	34.1	16.1	7.2	4.5	10.2	9.7
2. Harvesting time (month after planting , MAP)								
6 MAP	0.1090b	0.1163c	1.830ab	2.397bc	20.60a	20.50a	2,895b	3,384b
8 MAP	0.1312ab	0.0916d	1.585bc	2.834a	20.88a	19.04b	3,360a	3,433b
10 MAP	0.1118b	0.1267b	1.426c	2.117c	17.97b	20.58a	3,452a	3,835ab
12 MAP	0.1378a	0.1416a	1.972a	2.627ab	19.96a	18.28b	2,301c	4,311a
LSD _{0.05}	0.0214	0.0021	0.272	0.324	1.03	1.108	286	508
CV (%)	19.8	12.3	23.7	19.2	6.1	6.6	11.1	15.8
Average ²	0.122a	0.119a	1.703b	2.494a	19.85a	19.60a	3,001b	3,740a

¹ In column, means followed by a common letter are not significantly at P< 0.05 by LSD

² In row, means of different planting seasons in same biochemical characteristic followed by a common letter are not significantly at P< 0.05 by LSD

ns = non significant

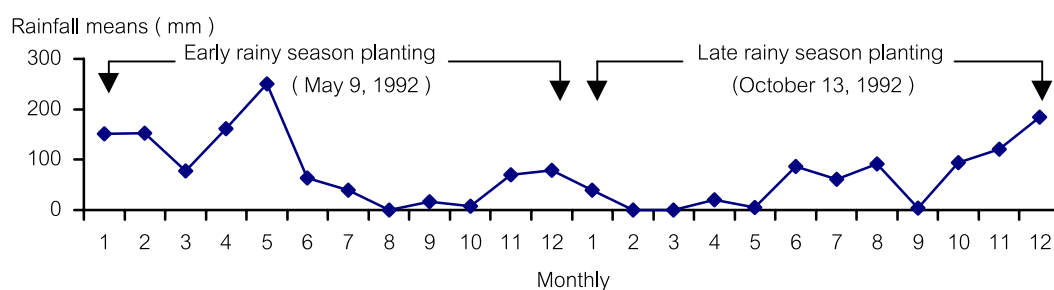


Figure 2 Variation in monthly rainfall after planting of cassava on Warin soil series at Nakhon Ratchasima in the early and late rainy seasons, 1996.

ปริมาณเส้นใย (fiber content)

จากการศึกษาปริมาณเส้นใยในหัวสดมันสำปะหลัง (Table 2) พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ที่ศึกษาให้ปริมาณเส้นใยใกล้เคียงกันเมื่อปลูกต้นฤดูฝน แต่การปลูกปลายฤดูฝน พันธุ์ CMR33-57-81 ให้ปริมาณเส้นใยต่ำสุด ในเรื่องของอายุเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณเส้นใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมันสำปะหลังอายุมากขึ้น ในเรื่องของฤดูปลูก พบว่า การปลูกปลายฤดูฝนให้ปริมาณเส้นใยโดยเฉลี่ยสูงกว่าการปลูกต้นฤดูฝน จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า มันสำปะหลังเมื่อมีอายุมากขึ้น คาร์โบไฮเดรตบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นเส้นใย และเป็นที่ยืนยันจากการนำมันสำปะหลังแห้งที่ปอกเปลือกแล้วมาแปรรูปเป็นแป้ง พบว่า ปริมาณเส้นใยจะสูงตามอายุของมันสำปะหลัง (จิณณจาร์, 2537) เส้นใยทำให้เกิดความยุ่งยากในกระบวนการผลิตแป้งมันในอุตสาหกรรม (Whistler *et al.*, 1984)

ปริมาณของอะมิโลส (amylose content)

จากการศึกษาปริมาณอะมิโลส (Table 2) พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ให้ปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกันเมื่อปลูกต้นฤดูฝน แต่การปลูกปลายฤดูฝนพันธุ์ของ 1 ให้ปริมาณอะมิโลสต่ำที่สุด ในเรื่องของอายุเก็บเกี่ยว พบว่า ในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตใหม่อีกครั้งหนึ่ง ปริมาณอะมิโลสจะลดลง ดังจะเห็นได้จากที่ช่วงอายุ 10-12 เดือนหลังปลูกในการปลูกต้นฤดูฝน และที่ช่วงอายุ 8 เดือนหลังปลูกในการปลูกปลายฤดูฝน เนื่องจากมันสำปะหลังได้รับน้ำฝน จะมีการเจริญเติบโตส่วนต้นและใบ จึงเกิดการกระบวนการไฮโดรไลซิสของอะมิโลส เพื่อให้ได้กลูโคสไปผลิตพลังงานสร้างต้นและใบ ทำให้ปริมาณอะมิโลสลดลง ในเรื่องของฤดูปลูก พบว่า การปลูกต้นฤดูฝนให้ปริมาณอะมิโลสโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับการปลูกปลายฤดูฝน

โดยธรรมชาติอะมิโลสเป็นกลูโคสโพลีเมอร์แบบเส้นตรง มีผลต่อความหนืดของแป้งเมื่อแป้งเย็นตัวหรือความหนืดสุดท้าย (final viscosity) สำหรับบทบาทของอะมิโลสต่อการคืนตัว (setback) หรือการเกิดรีโทร

เกรเดชัน (retrogradation) คือ ถ้าให้ความร้อนแก่น้ำแป้งเม็ดแป้งจะพองตัวและแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสจะกระจายในสารละลายน้ำแป้งสุก มีผลให้ความหนืดของแป้งลดลง แต่เมื่อปล่อยให้แป้งเย็นตัวลง โมเลกุลของอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะมาเรียงตัวกันใหม่ เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล และเกิดโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำได้ มีผลทำให้ความหนืดของแป้งเพิ่มขึ้นกลับมาอีก (Leach *et al.*, 1959)

ขนาดของอะมิโลส (amylose size)

จากการศึกษาขนาดของอะมิโลส (Table 2) พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีขนาดของอะมิโลสใกล้เคียงกัน ทั้งในการปลูกต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน ในเรื่องของอายุเก็บเกี่ยว พบว่า ถ้าเก็บเกี่ยวในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตใหม่ (regrowth) ขนาดของอะมิโลสจะสั้นลง ดังจะเห็นได้จากที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกในการปลูกต้นฤดูฝน และที่ช่วงอายุ 6-8 เดือนหลังปลูกในการปลูกปลายฤดูฝน เนื่องจากเมื่อมันสำปะหลังได้รับน้ำฝนมีการไฮโดรไลซิสส่วนของอะมิโลส และส่วนกิ่งแขนงของอะมิโลเพคติน เพื่อให้ได้กลูโคสไปผลิตพลังงานสร้างต้นและใบ ทำให้ขนาดของอะมิโลสสั้นลง นอกจากนี้ ในช่วงที่มีการไฮโดรไลซีกิ่งแขนงของอะมิโลเพคติน มีสารประเภท intermediate เกิดขึ้น แต่มีขนาดยาวกว่าอะมิโลส ซึ่งจัดอยู่ในพวกอะมิโลเพคติน (กล้านรงค์ และคณะ, 2541)

จากการศึกษาขั้นพื้นฐานในรัชพิช พบว่า ขนาดอะมิโลสเกี่ยวข้องกับการเกิดรีโทรเกรเดชันของสารละลายน้ำแป้งสุก ถ้าโมเลกุลอะมิโลสยาวเกินไปการจัดเรียงตัวในแนวขนานเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยาก เพราะโมเลกุลเคลื่อนที่เข้ามาจับกันยาก แต่ถ้าโมเลกุลอะมิโลสสั้นเกินไป การเรียงตัวในแนวขนานจะเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากโมเลกุลเคลื่อนไหวตลอดเวลา ทำให้จับกันยากเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า อะมิโลสมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำแป้งสุก โดยอะมิโลสที่มีขนาดสั้น จะมีการคืนตัวเมื่อแป้งเย็นตัวได้ดี (Leach *et al.*, 1959 ; Swinkels, 1985)

สรุป

การศึกษาอิทธิพลของฤดูปลูก พันธุ์ และอายุเก็บเกี่ยวต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีในหัวมันสำปะหลังพอสรุปผลการทดลองได้ดังนี้คือ

1. มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดสูงทั้งในการปลูกต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน การปลูกต้นฤดูฝนปริมาณแป้งในหัวสดจะสูงสุดที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก แต่การปลูกปลายฤดูฝนปริมาณแป้งในหัวสดจะสูงสุดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก การปลูกต้นฤดูฝนให้ปริมาณแป้งในหัวสดสูงกว่าการปลูกปลายฤดูฝน เพราะว่าในระยะแรกของการเจริญเติบโตของการปลูกปลายฤดูฝนได้รับผลกระทบจากฤดูแล้งหรือฝนทิ้งช่วงยาวนาน การขาดน้ำในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต มีผลต่อปริมาณแป้งในหัวสดมากกว่าการขาดน้ำในช่วงระยะกลางและปลายของการเจริญเติบโต

2. องค์ประกอบทางชีวเคมีในหัวสดของมันสำปะหลัง ได้แก่ ลิพิด และโปรตีน มีผลให้ความหนืดของแป้งลดลง เกิดสีและกลิ่นหืนกับแป้ง สารไซยาไนด์เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ เกิดมลภาวะในระหว่างกระบวนการผลิตแป้ง สารฟีนอลิกทำให้เนื้อแป้งสีคล้ำ และเส้นใยทำให้เกิดความยุ่งยากในกระบวนการผลิตและต้นทุนสูงขึ้น จากการศึกษาทั้งในการปลูกต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่า พันธุ์ระยอง 90 ให้แป้งที่มีคุณภาพดี ในด้านมีปริมาณลิพิด โปรตีน และเส้นใยต่ำ ส่วนพันธุ์ระยอง 5 ให้แป้งที่มีคุณภาพดีในด้านมีปริมาณสารไซยาไนด์ และฟีนอลิกต่ำ สำหรับอายุเก็บเกี่ยว พบว่า ปริมาณลิพิด และสารฟีนอลิกอยู่ในระดับต่ำที่ช่วงอายุ 6-8 เดือนหลังปลูก ปริมาณโปรตีน และเส้นใยอยู่ในระดับต่ำที่อายุ 12 และ 10 เดือนหลังปลูก ตามลำดับ ถ้าต้องการให้ได้แป้งที่มีไซยาไนด์ต่ำควรเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน เพราะปริมาณไซยาไนด์ขึ้นอยู่กับความชื้นของดิน โดยทั่วไป การปลูกต้นฤดูฝนให้แป้งที่มีลิพิด ไซยาไนด์ และฟีนอลิกในปริมาณใกล้เคียงกับการปลูกปลายฤดูฝน แต่มีเส้นใยต่ำกว่าการปลูกปลายฤดูฝน

3. ปริมาณและขนาดของอะมิโลส จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้ง พบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ที่ศึกษามีปริมาณและขนาดของอะมิโลสใกล้เคียงกัน การเก็บเกี่ยวในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตใหม่อีกครั้งหนึ่ง (regrowth) ปริมาณอะมิโลสจะลดลง และขนาดของอะมิโลสสั้นลงด้วย เนื่องจากมันสำปะหลังได้รับน้ำฝนมีการเจริญเติบโตส่วนต้นและใบ จึงเกิดการกระบวนไฮโดรไลซิสอะมิโลส เพื่อให้ได้กลูโคสไปผลิตพลังงานสร้างต้นและใบ

เอกสารอ้างอิง

- กล้านรงค์ ศรีรอด, กาญจนา ภูโธจนวงศ์, และวิไล สันติโสภาสศรี. 2541. โครงสร้างของอะมิโลส อะมิโลเพคติน และคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่สกัดได้จากเกษตรศาสตร์ 50 ในอายุเก็บเกี่ยวต่าง ๆ กัน, น. 1-8. ในรายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, สาขาพืช, กรุงเทพมหานคร
- จินฉกร์ เศรษฐสุข. 2537. การเก็บเกี่ยวและการรักษา. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, กรมวิชาการเกษตร. 210 น.
- รติยา จันทระเกียรติ. 2529. การเพิ่มโปรตีนโดยใช้เชื้อรา *Cephalosporium eichhorniae* การลดสารพิษไซยาไนด์ ในมันสำปะหลังหมักแบบแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- สมาคมการค้าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. 2540. รายงานสภาวะการค้าแป้งมันสำปะหลัง, กรุงเทพฯ. 118 น.
- โอภาส บุญเส้ง. 2539. พันธุกรรมและปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- AOAC. 1975. Official Methods of Analysis. The Association of Official Agricultural Chemists,

- Virginia. 1289 p.
- CIAT. 1994. Evaluation of the variability of cassava starch functional properties, pp.28-33. *In* Cassava Program Annual Report 1994. Centro Internacional de Agricultura, Tropical, Cali, Colombia.
- Cock, J.H. 1985. Cassava : New Potential for a Neglected Crop. Westview Press, Boulder, CO. 189 p.
- Cooke, R.D. and E.N. Maduagwa. 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *J. Food Tech.* 13 : 299-306.
- Essers, S.A.J.A., M. Bosveld, R.M. van der Grift and A.G.J. Voragen. 1993. Studies on the quantification of specific cyanogen in cassava products and introduction of a new chromogen. *J. Sci. Food Agric.* 63 : 287-296.
- Govindasamy, S., C.G. Oates and H.A. Wang. 1992. Characterization of changes of sago starch components during hydrolysis by a thermostable alpha-amylase. *Carbohydrate Polymers* 18 : 89-100.
- Hughes, M.A., Hughes, S. Liddle and Z. Keresztessy. 1994. Biochemistry and molecular biology of cyanogenesis, pp. 385-395. *In* The Cassava Biotechnology Network. Proceedinds of the Second International Scientific Meeting, Bogor, Indonesia, 22-26 August 1994.
- Kawano, K., W.M.G. Fukuda and U. Cenpukdee. 1987. Genetic and environmental effect on dry matter content of cassava root. *Crops Sci.* 27 : 69-74.
- Leach, H.W., L.D. McCowen, and T.J. Schoch. 1959. Structure of the starch granule I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Anal Chem.* 36 : 535-544.
- O'Brien, G.M., A. J. Taylor and N.H. Poulter. 1991. Improved enzymatic assay cyanogen in fresh and processed cassava. *J. Sci. Food Agric.* 56 : 277-289.
- Oka, M., S. Sarakarn, J. Limsila and S. Sinthuprama. 1985. Ecophysiological studies on cassava in Thailand. Progress Report No. 4 Under the Cooperative Research Work Between Thailand and Japan. TRAC. And DOA, Thailand. 241 p.
- Rogers, D.J. and S. G. Appan. 1971. What's so great about cassava. *World Farming* 3 (6) : 13-32.
- Swain, T. and W.E. Hills. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.* 10 : 63-78.
- Swinkels, J. J. M. 1985. Sources of starch, its chemistry and physics, pp. 15-46. *In* G.M. A. Van Beynum and J. A. Roels (eds.). *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekler, Inc., New York.
- Wheatley, C. C., C. Lozano and G. Gomez. 1985. Post-harvest deterioration of cassava roots, pp. 655-671. *In* J.H., Cock and J.A. Reyes (eds.). *Cassava : Research, Production and Utilization*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Whistler, R.L., J.N. Bemiller and E.F. Paschall. 1984. *Starch : Chemistry and Technology*. Academic Press, Inc., Florida. 710 p.

วันรับเรื่อง : 17 ก.ย 42

วันรับพิมพ์ : 30 ธ.ค 42