



อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแก่นตะวันสายพันธุ์ต่าง ๆ Inulin and Fructooligosaccharides in Different Varieties of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

ศิริพร ตันจ่อ¹, ครรชิต จุดประสงฆ์^{1*}, ชนัญชิตา ไชยโต¹, สนั่น จอกลอย²

Siriporn Tanjor¹, Kunchit Judpramong^{1*}, Chanantita Chaito¹, Sanan Jogloy²

¹ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

² ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*Corresponding author: nukjp@mahidol.ac.th

Received November 15, 2011

Accepted January 31, 2012

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ [FOS ประกอบด้วย 1-kestose (หรือ 1-kestotriose; GF2), nystose (1, 1-kestotetraose; GF3), และ 1F-β-fructofuranosyl-nystose (1,1,1-kestopentaose; GF4)] ในแก่นตะวัน หรือ จารูชาเล็ม อาร์ติโชค 16 สายพันธุ์ ซึ่งมีมหาวิทยาลัยขอนแก่นได้มีการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ให้สามารถเพาะปลูก และปรับตัวให้เหมาะสมต่อสภาพอากาศร้อนของประเทศไทย เก็บตัวอย่างแก่นตะวันแต่ละสายพันธุ์ประมาณ 1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยแต่ละสายพันธุ์ได้ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งทำการวิเคราะห์แบบปอกเปลือกและอีกส่วนหนึ่งแบบไม่ปอกเปลือก การวิเคราะห์อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ เริ่มจากการสกัดตัวอย่างด้วยน้ำร้อน แล้วย่อยต่อด้วยเอนไซม์อินนูลินเนส จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการศึกษาพบว่าปริมาณอินนูลินในแก่นตะวันทั้งแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก อยู่ในช่วง 14.0 ถึง 20.4 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม สายพันธุ์ที่พบอินนูลินปริมาณสูงคือสายพันธุ์ JA 38 และ CN 52867 (79.2-84.9 และ 70.5-77.6 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ) ส่วนปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ อยู่ในช่วง 3.0 ถึง 6.6 กรัม ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 19 ถึง 40 ของอินนูลินทั้งหมด สายพันธุ์ที่พบปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์สูงคือสายพันธุ์ HEL 69 และ JA 38 (20.8-23.3 และ 20.9-22.7 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่ามีความน้อยกว่า 3.5 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินนูลิน GF-3, GF-4 และ FOS พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในแก่นตะวันแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก แก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์จัดเป็นพืชหัวที่มีอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในระดับสูงมาก

ABSTRACT

This study aimed to determine the amounts of inulin and fructo-oligosaccharides [FOS; 1-kestose (1-kestotriose, GF2), nystose (1, 1-kestotetraose, GF3), and 1F- β -fructofuranosyl nystose (1,1,1-kestopentaose, GF4)] in 16 varieties of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) or Kaentawan. These varieties were bred and developed by Khon Kaen University. One kilogram of each variety was collected and sent to Institute of Nutrition, Mahidol University for inulin and FOS analyses. Each variety was divided into two portions before sample preparation; first portion was prepared as edible part with skin and another portion without skin. Inulin and FOS were extracted with hot water, digested with inulinase and determined by gas chromatography. All varieties of Kaentawan, with skin or without skin, contained inulin at the same range, from 14.0 to 20.4 g/100 g fresh weight, FW. Potential varieties of Kaentawan in terms of high inulin were JA 38 and CN 52867 varieties (79.2-84.9 and 70.5-77.6 g/100g dry weight). FOS ranged from 3.0 to 6.6 g/100 g FW which contributed to 19-40% of the inulin level. Potential varieties of Kaentawan in terms of high FOS were found in HEL 69 and JA 38 varieties (20.8-23.3 and 20.9-22.7 g/100g dry weight). Kaentawan contained low level of total sugars, less than 3.5 g/100 g FW in all varieties. There are no significant different ($p>0.05$) of inulin, GF-3, GF-4 and sum FOS contents in Kaentawan with or without skin. All varieties of Kaentawan are excellent sources of inulin.

คำสำคัญ: แก่นตะวัน, อินนูลิน, ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์

Keywords : Jerusalem artichoke, inulin, fructo-oligosaccharide

1. บทนำ

จากการสำรวจโดยสำนักงานการสำรวจสภาวะสุขภาพอนามัย ภายใต้สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (1) พบว่าการบริโภคผักและผลไม้ของคนไทยน้อยลงคือบริโภคเพียง 200 กรัม จากปริมาณที่แนะนำคืออย่างน้อย 400 กรัมต่อวัน การบริโภคผักและผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งใยอาหารอย่างหลากหลายและเพียงพอ จะสามารถลดโอกาสต่อการเกิดโรคต่างๆ มากมาย ได้แก่ โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดและหัวใจ และโรคมะเร็งต่างๆ โดยเฉพาะมะเร็งลำไส้ใหญ่ ซึ่งใยอาหารมีความสัมพันธ์กับการลดอัตราการเกิดโรครือรังต่างๆ ที่กล่าวมาเพิ่มขึ้นด้วย (2) อินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์จัดเป็นใยอาหารชนิดหนึ่งที่มีความสนใจและถูกนำมาใช้เติมในผลิตภัณฑ์อาหารมากมายเช่น ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารลดน้ำหนัก กาแฟควบคุมน้ำหนัก รวมทั้งผลิตภัณฑ์นมผงคัดแปลงสำหรับทารกเป็นต้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประโยชน์หลายด้านของอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์เองที่ช่วยลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรค

อินนูลิน (Inulin) เป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งในกลุ่มฟรุคแทน (Fructan) ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุคโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว จำนวน 2 ถึง 60 หน่วย (DP 2-60) บางโครงสร้างอาจมีน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อที่ปลายสายด้วย ส่วนโอลิโกฟรุคโตส (Oligofuctose) จะมีลักษณะเดียวกัน แต่เชื่อมต่อกันด้วยน้ำตาล 2 ถึง 10 หน่วย (DP 2-10) ในขณะที่ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุคโตสที่เชื่อมต่อกันเพียง 2-4 หน่วย ได้แก่ 1-kestose (1-kestotriose; GF2), nystose (1, 1-kestotetraose; GF3), และ 1F- β -fructofuranosyl nystose (1,1,1-kestopentaose; GF4) โดย G หมายถึงน้ำตาลกลูโคส และ F หมายถึงน้ำตาลฟรุคโตส ซึ่งโดยทั่วไป FOS อาจมีความความหมายเดียวกับโอลิโกฟรุคโตส และสามารถสร้างได้จากน้ำตาลซูโครส อินนูลินและ FOS นั้นร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยเป็นน้ำตาลสายสั้นๆได้ เนื่องจากมีโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β -(2-1) ทำให้มีคุณสมบัติคล้ายใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fibre) ช่วยการขับถ่าย

ให้พลังงานต่ำมากเพียง 1.4 Cal/g inulin ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด และมีค่า Glycemic index ต่ำ นอกจากนั้นอินนูลินและ FOS ยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) คือเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในลำไส้ของมนุษย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเช่นบิฟิโดแบคทีเรีย (Bifidobacteria) แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) เป็นต้น ลดจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (Pathogenic organism) และเพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายได้อีกด้วย (3)

มีงานทางคลินิกมากมายที่นำอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์มาใช้ประโยชน์เพื่อป้องกันและรักษาผู้ป่วย ได้แก่ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดสูง โรคอ้วนหรือผู้ที่มีปัญหาเรื่องน้ำหนักตัวหรือท้องผูก เป็นต้น (4) โดยให้อาสาสมัครรับประทานอาหารที่มีอินนูลินและ FOS ในปริมาณตั้งแต่ 5 ถึง 40 กรัมต่อวัน นาน 2 สัปดาห์ขึ้นไป ในขณะที่คุณสมบัติด้านพรีไบโอติก คือเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทดสอบในทารกที่ปริมาณ 1.25 กรัมถึง 4 กรัมต่อวัน สำหรับผู้ใหญ่ทดสอบที่ 5 กรัมต่อวัน (5) โอลิโกฟรุคโตสหรือ FOS สามารถแตกตัวได้ง่ายกว่า จึงถูกใช้ในกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้มนุษย์ได้ดีกว่าอินนูลิน (6) เกิดเป็นกรดไขมันสายสั้น (Short chain fatty acid; SCFA) ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหมือนอินนูลินแล้ว ยังมีรายงานว่าสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคร่างกายได้อีกด้วย (7) แต่มีบางงานวิจัยที่กล่าวว่าอินนูลิน (DP 3-60) มีคุณสมบัติความเป็น Prebiotic แย่ชัดกว่าโอลิโกฟรุคโตส (8) ดังนั้นการมีโครงสร้างที่ต่างกันย่อมมีผลต่อการเกิดสภาวะกรดภายในลำไส้ที่ต่างกัน การศึกษาในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์ร่วมกันของสายสั้นและสายยาวของอินนูลิน (Oligofructose enriched inulin) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมแคลเซียม (9)

จากการศึกษาของ VanLoo และคณะ ในปี ค.ศ. 1995 (10) พบปริมาณอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในพืชผักและพืชหัวชนิดต่างๆ ที่เป็นแหล่งสะสมของแป้ง ได้แก่ หัวชิโครี (chicory) จารูชาเล็ม อาร์ติโชค (Jerusalem artichoke) หอมหัวใหญ่ และกล้วย เป็นต้น

และจากการศึกษาหาปริมาณอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในพืชไทย ของ Judprasong และคณะ ในปี ค.ศ. 2011 (11) พบว่าตัวอย่างพืชที่มีอินนูลินสูง ได้แก่ กระเทียมโทนหัวใหญ่ กระเทียมจีน กระเทียมไทย และแก่นตะวัน (29.16 ± 5.62 , 24.29 ± 1.94 , 22.44 ± 2.86 และ 19.36 ± 1.04 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) และพบตัวอย่างที่มีปริมาณอินนูลินปานกลางคือ หอมแดง และหอมแขก (8.86 ± 0.75 และ 3.56 ± 0.95 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) ส่วนฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS; DP3-5) พบปริมาณสูงในแก่นตะวัน, หอมแดง และหอมแขกเช่นกัน (5.18 ± 0.04 , 4.98 ± 0.51 และ 3.09 ± 0.54 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ)

จากการศึกษาของ Vorasoot และ Jogloy ในปี ค.ศ. 2006 (12) ได้รวบรวม Jerusalem artichoke สายพันธุ์ต่างๆ จากต่างประเทศ มาศึกษาและปรับปรุงสายพันธุ์ เพื่อให้สามารถปลูกและเก็บผลผลิตได้สูงในสภาพอากาศร้อนของประเทศไทย และตั้งชื่อเป็นภาษาไทยว่า “แก่นตะวัน” ได้ทดสอบการปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยมีลักษณะเป็นพืชต้นเล็ก มีดอกเป็นสีเหลืองคล้ายดอกทานตะวันของส่วนหัวอยู่ใต้ดิน มีลักษณะคล้ายขิงและข่า นอกจากการปลูกเพื่อนำมาเป็นอาหารแล้วยังนำมาใช้ในการผลิตเอทานอลได้ เนื่องจากความหลากหลายของสายพันธุ์แก่นตะวัน ทำให้รูปแบบการกิน รสชาติและปริมาณอินนูลินแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาหาปริมาณอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ ในแก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์ ผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ เพื่อส่งเสริมการปลูก การบริโภคและผลิตเพื่อพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พืชทดลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้แก่นตะวันจำนวน 16 สายพันธุ์ ดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ (Genotype) และปลูกทดสอบที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (13) ประกอบด้วยสายพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศแคนาดาจำนวน 6 สายพันธุ์คือ CN 52867, JA 37, JA 38,

JA 67, JA 68 และ JA 102 สายพันธุ์จากประเทศเยอรมัน จำนวน 9 สายพันธุ์คือ HEL 53, HEL 61, HEL 62, HEL 65, HEL 66, HEL 68, HEL 69, HEL 231 และ HEL 335 และอีก 1 สายพันธุ์ที่ไม่ทราบแหล่งกำเนิดคือ KKU AC 001

2.2 การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เก็บตัวอย่างแก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์ในช่วงปี 2552 เดือนมิถุนายน เก็บตัวอย่างสายพันธุ์ละประมาณ 1-2 กิโลกรัม ส่งไปวิเคราะห์ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ภายใน 12 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาล้างทำความสะอาด แบ่งตัวอย่างแต่ละสายพันธุ์ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกทำการปอกเปลือกออกก่อน ใช้เฉพาะส่วนเนื้อด้านใน ส่วนที่สองใช้ตัวอย่างทั้งหมดโดยไม่ปอกเปลือก ชั่งน้ำหนักส่วนที่กินได้ก่อนและหลังปอกเปลือก หลังจากนั้นนำแต่ละตัวอย่างมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องเตรียมตัวอย่างอาหาร (Food processor) แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งเพื่อใช้วิเคราะห์ความชื้น และอีกส่วนหนึ่งนำไปทำแห้งด้วยการระเหิดแห้ง (Freeze dried) หลังจากนั้นบดตัวอย่างที่แห้งแล้วให้ละเอียดจนตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้ง เก็บตัวอย่างใส่ในขวดที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้ว โดยเก็บตัวอย่างในตู้ดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25°C) เพื่อวิเคราะห์อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่อไป

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์

วิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน ตามวิธีมาตรฐานสากล AOAC 997.08 (14 และ 15) รายละเอียดของการวิเคราะห์ระบุไว้ในการศึกษาของ Judprasong และคณะในปี ค.ศ. 2011 (11) โดยชั่งตัวอย่างให้มีปริมาณอินนูลินประมาณ 1 กรัมสกัดน้ำตาลในตัวอย่างด้วยน้ำร้อน แล้ววัดปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น แบ่งสารละลายที่สกัดได้มาย่อยด้วยเอนไซม์อินนูลิเนส (Inulinase ของบริษัท Sigma-Aldrich® โดยมี activity 321 INU/G) โดยใช้เอนไซม์ในปริมาณที่มากเพียงพอ ทำการเปลี่ยนรูปแบบของน้ำตาลจากที่ระเหยไม่ได้ให้อยู่ในรูปที่สามารถระเหย และตรวจวัดได้ (volatile oxime-trimethylsilyl de-

rivatives) ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatography, GC) (15) ใช้คอลัมน์ Al-clad capillary column (HT-5) ที่เคลือบด้วย 5%-phenyl-polycarboranesiloxane (Restek®, USA) ในขณะที่ปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์นั้นตรวจวัดด้วยเครื่อง GC อีกเครื่องหนึ่ง ใช้คอลัมน์ HP-1 capillary fused silica column ที่เคลือบด้วย 100% dimethylpolysiloxane (Agilent® J&W, USA) GC ทั้งสองเครื่องมีลักษณะการฉีดสารละลายแบบ Cool-on column injection และตรวจวัดด้วย Flame Ionization Detector (FID) เปรียบเทียบค่า Retention time ของน้ำตาลและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่างๆ ในสารละลายตัวอย่าง เทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐานชนิดต่างๆ (Fructose, glucose, sucrose, GF2, GF3 และ GF4) และคำนวณเป็นปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่อไป

เพื่อความถูกต้องแม่นยำของการวิเคราะห์ การศึกษาได้มีการวิเคราะห์ตัวอย่างควบคุมคุณภาพ (In-house quality control sample) โดยเลือกตัวอย่างนมผงที่มีการเติมอินนูลินลงไปประมาณ 3 กรัมต่อ 100 กรัม โดยทำการสร้างค่าจากการวิเคราะห์ 10 ชั่ง นำมาสร้างกราฟควบคุมมาตรฐาน (Quality control chart) หลังจากนั้นในทุกๆชุดของการวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างควบคุมคุณภาพไปด้วยในทุกชุดตัวอย่าง โดยเกณฑ์การยอมรับอยู่ในช่วงของ $\text{mean} \pm 2SD$

2.4 การวิเคราะห์ความชื้น

วิเคราะห์ความชื้นด้วยวิธี AOAC 990.19 (14) โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 ถึง 2 กรัม คลุกกับทรายเพื่อช่วยในการกระจายความร้อน และอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C จนน้ำหนักตัวอย่างคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นและแสดงในหน่วยกรัมต่อ 100 กรัม

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

แก่นตะวันเป็นพืชที่สามารถกินได้ทั้งแบบปอกเปลือก และไม่ต้องปอกเปลือก แก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์เมื่อทำการปอกเปลือกแล้ว มีร้อยละของส่วนที่บริโภคได้ 69.0 ถึง 84.1 ปริมาณอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่วิเคราะห์ได้ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

ตารางที่ 1 ปริมาณอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแก่นตะวันที่ปลูกเปลือก (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

สายพันธุ์	ส่วนที่กินได้ (%)	ความชื้น (g/100 g)	ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (FOS)				อินนูลิน (g/100 g)
			GF ₂	GF ₃	GF ₄	Sum	
CN 52867	79.70	73.73	1.85	1.63	1.68	5.16	20.37
HEL 231	78.21	75.08	1.56	1.49	1.45	4.50	16.34
HEL 335	69.00	75.78	1.60	0.83	1.52	3.95	15.67
HEL 53	78.17	75.07	2.31	2.15	2.13	6.59	16.47
HEL 61	75.71	75.65	1.30	1.16	1.02	3.48	17.61
HEL 62	75.87	78.85	1.53	1.34	1.15	4.02	14.08
HEL 65	84.12	74.91	2.05	1.99	1.92	5.96	15.28
HEL 66	77.75	79.23	1.65	1.32	1.05	4.03	14.10
HEL 68	77.56	74.59	1.28	1.18	1.04	3.50	16.30
HEL 69	77.44	75.46	1.69	1.69	1.73	5.11	15.47
JA 102	75.80	75.48	1.98	1.73	1.56	5.28	16.64
JA 37	73.74	73.25	1.75	1.78	1.68	5.22	18.29
JA 38	74.48	80.12	1.41	1.38	1.37	4.16	15.74
JA 67	78.46	79.46	1.75	1.83	1.76	5.34	14.76
JA 89	78.03	78.31	1.04	1.09	1.11	3.24	16.18
KKU Ac 001	78.98	73.34	2.02	1.75	1.39	5.15	19.42

GF₂ = 1-kestose, GF₃ = nystose and GF₄ = fructosyl-nystose

G= น้ำตาลกลูโคส, F= น้ำตาลฟรุกโตส

ของแก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์ แสดงในตารางที่ 1 โดยมีการแสดงค่าความชื้นของทุกตัวอย่าง นอกจากนั้น เพื่อเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ และเพื่อเปรียบเทียบผลของเปลือกแก่นตะวันต่อปริมาณ อินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ จึงรายงานผลการ ศึกษาเป็นกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Dry matter, DM = 100 – ความชื้นในหน่วยกรัมต่อ 100 กรัม) ดังแสดงใน ตารางที่ 2 ตัวอย่างของ ปริมาณความชื้นในตัวอย่างแก่น ตะวันทุกสายพันธุ์ที่ศึกษาพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 70.0 ถึง 80.1 กรัม ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

3.1 ปริมาณอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์

ปริมาณอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่วิเคราะห์ได้ต่อน้ำหนักสด 100 กรัมของแก่นตะวัน ทั้ง 16 สายพันธุ์ แสดงในตารางที่ 1 จากข้อมูลพบว่าทุก สายพันธุ์มีปริมาณอินนูลินสูงอยู่ในช่วง 14.1 ถึง 20.4 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม หรือคิดเป็น 60.9 ถึง 79.2 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม (g/100g DM) โดยพบสาย พันธุ์ที่มีปริมาณอินนูลินสูงคือ CN 52867, KKKU Ac 001 และ JA 37 (20.37, 19.42 และ 18.29 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Van Loo และคณะ ในปี 1995 (10) โดยพบปริมาณอินนูลิน ใน Jerusalem Artichoke อยู่ในช่วง 16 ถึง 20 กรัม ต่อ น้ำหนักสด 100 กรัม ถ้าหากพิจารณาจากน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 2) พบว่าสายพันธุ์ JA 38 มีปริมาณอินนูลิน สูงที่สุด (79.2-84.9 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) รอง ลงมาคือสายพันธุ์ CN 52867 ที่พบปริมาณอินนูลินสูง (70.5-77.6 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) ซึ่งสอดคล้อง กับการศึกษาของ Saengkanuk ในปี ค.ศ. 2009 (16) ที่พบ อยู่ในช่วง 62.8 ถึง 75.2 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม

ปริมาณฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) สาย สั้นๆ (degree of perimerisation, DP 3-5) ในแก่นตะวัน ทั้ง 16 สายพันธุ์ พบว่าผลรวมของ FOS (GF2, GF3 และ GF4) อยู่ในช่วง 3.2 ถึง 6.6 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม โดยพบสูงในสายพันธุ์ HEL 53 และ HEL 65 (6.6 และ 6.0 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ตามลำดับ) แต่ถ้าหาก พิจารณาจากน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 2) พบว่าสายพันธุ์ HEL 69, HEL 53 และ JA 38 มีปริมาณ FOS สูงที่สุด (7.9, 7.6 และ 7.3 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตาม

ลำดับ) ผลรวมของ FOS คิดเป็นร้อยละ 19.8-40.0 ของ ปริมาณอินนูลินทั้งหมด โดยมีอัตราส่วนของ GF2, GF3 และ GF4 ร้อยละ 36, 33 และ 31 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ รายงานในการศึกษาของ Campbell และคณะ ในปี ค.ศ. 1997 (17) พบว่าปริมาณ FOS ที่พบแต่ละ GF ใน การศึกษานี้ (ตารางที่ 2, มีค่าเฉลี่ย 6.2 ถึง 7.0 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) น้อยกว่าเล็กน้อย เปรียบเทียบกับ 9.4 ถึง 9.8 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม

ปริมาณน้ำตาลรวม (Total sugars) ในแก่น ตะวันทุกสายพันธุ์ พบว่ามีค่าค่อนข้างน้อยกว่า 3.5 กรัม ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม จึงไม่นำเสนอค่าของน้ำตาล ต่างๆ โดยเป็นน้ำตาลกลูโคสประมาณ 0.5 กรัม น้ำตาล ฟรุคโตสประมาณ 0.1 กรัม และน้ำตาลซูโครสประมาณ 1.5 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

3.2 ผลของเปลือกแก่นตะวันต่อปริมาณอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์

เพื่อการเปรียบเทียบผลของเปลือกแก่น ตะวัน จึงคำนวณผลในรูปของกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (g/100 g dry matter, DM) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอินนูลินในแก่นตะวันแบบรวมเปลือกมีปริมาณ อินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์สูงอยู่ในช่วง เดียวกันกับแบบปอกเปลือก คือ 14.0 ถึง 20.2 กรัม ต่อ 100 กรัม (63.5 ถึง 84.9 g/100 g DM) และฟรุคโตโอลิโก แซคคาไรด์อยู่ในช่วง 3.0 ถึง 6.0 กรัม ต่ออาหาร 100 กรัม (คิดเป็นร้อยละ 18.7-33.1 ของปริมาณอินนูลินทั้งหมด) ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อนำผลการศึกษา (ต่อ 100 g dry matter) ของแต่ละสายพันธุ์ไปทดสอบความแตกต่าง ด้วยสถิติ paired t-test แล้วพบว่าปริมาณ Inulin, GF-3, GF-4 และ Sum FOS ในการเตรียมแบบรับประทานทั้ง เปลือกและแบบปอกเปลือกไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.753, 0.535, 0.184$ และ 0.133 ตามลำดับ) คือมีปริมาณอินนูลิน $68.55+5.39$ กรัมต่อ น้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบรับประทานทั้งเปลือก เทียบ กับ $68.97+5.26$ กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบปอก เปลือก มีปริมาณ GF-3 6.10 ± 1.31 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบรับประทานทั้งเปลือก เทียบกับ 6.40 ± 1.44 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบปอกเปลือก มีปริมาณ GF-4 5.64 ± 1.37 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบรับ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณอินนูลินและฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ในแก่นตะวันที่ปลูกเปลือก
(กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม)

สายพันธุ์	อินนูลิน	ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (FOS)			
		GF2	GF3	GF4	Sum
CN 52867 แบบไม่ปลูกเปลือก	70.49	5.85	5.04	5.11	16.00
HEL 231 แบบไม่ปลูกเปลือก	70.39	7.26	7.51	6.96	21.73
HEL 335 แบบไม่ปลูกเปลือก	70.08	6.99	7.86	6.94	21.79
HEL 53 แบบไม่ปลูกเปลือก	68.39	6.85	7.47	7.26	21.57
HEL 61 แบบไม่ปลูกเปลือก	71.88	5.19	5.24	4.66	15.08
HEL 62 แบบไม่ปลูกเปลือก	61.12	6.37	5.06	4.22	15.65
HEL 65 แบบไม่ปลูกเปลือก	63.50	5.48	6.29	5.69	17.46
HEL 66 แบบไม่ปลูกเปลือก	65.93	5.33	7.53	6.53	19.39
HEL 68 แบบไม่ปลูกเปลือก	68.99	5.15	4.13	3.65	12.92
HEL 69 แบบไม่ปลูกเปลือก	70.38	7.76	7.63	7.89	23.27
JA 102 แบบไม่ปลูกเปลือก	65.09	5.91	6.53	4.65	17.09
JA 37 แบบไม่ปลูกเปลือก	63.36	6.16	4.98	4.58	15.72
JA 38 แบบไม่ปลูกเปลือก	84.88	7.75	7.35	7.59	22.69
JA 67 แบบไม่ปลูกเปลือก	70.22	4.79	4.55	3.97	13.32
JA 89 แบบไม่ปลูกเปลือก	64.79	4.39	4.74	5.29	14.43
KKU Ac 001 แบบไม่ปลูกเปลือก	67.24	6.71	5.71	5.27	17.69
ค่าเฉลี่ย (Mean)	68.55	6.12^a	6.10	5.64	17.86
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	5.39	1.03	1.31	1.37	3.44
CN 52867 แบบปลูกเปลือก	77.56	7.04	6.22	6.40	19.66
HEL 231 แบบปลูกเปลือก	65.59	6.24	5.99	5.81	18.04
HEL 335 แบบปลูกเปลือก	64.69	6.62	3.43	6.27	16.32
HEL 53 แบบปลูกเปลือก	66.05	9.28	8.64	8.53	26.44
HEL 61 แบบปลูกเปลือก	72.33	5.36	4.78	4.17	14.31
HEL 62 แบบปลูกเปลือก	66.58	7.26	6.32	5.44	19.01
HEL 65 แบบปลูกเปลือก	60.89	8.17	7.92	7.66	23.75
HEL 66 แบบปลูกเปลือก	67.86	7.96	6.36	5.07	19.40
HEL 68 แบบปลูกเปลือก	64.15	5.03	4.64	4.08	13.76
HEL 69 แบบปลูกเปลือก	63.06	6.87	6.89	7.07	20.83
JA 102 แบบปลูกเปลือก	67.86	8.09	7.07	6.37	21.53
JA 37 แบบปลูกเปลือก	68.39	6.56	6.67	6.27	19.50
JA 38 แบบปลูกเปลือก	79.17	7.07	6.97	6.90	20.94
JA 67 แบบปลูกเปลือก	71.87	8.54	8.90	8.55	25.99
JA 89 แบบปลูกเปลือก	74.61	4.80	5.03	5.13	14.95
KKU Ac 001 แบบปลูกเปลือก	72.85	7.56	6.56	5.20	19.32
ค่าเฉลี่ย (Mean)	68.97	7.03^a	6.40	6.18	19.61
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	5.26	1.26	1.44	1.35	3.74

^a มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเปรียบเทียบภายในคอลัมน์เดียวกัน

ประทานทั้งเปลือกเทียบกับ 6.18 ± 1.35 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบปอกเปลือก และมีปริมาณผลรวม FOS 17.86 ± 3.44 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบรับประทานทั้งเปลือก เทียบกับ 19.61 ± 3.74 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบปอกเปลือก ในขณะที่พบความแตกต่างในปริมาณของ GF-2 ($p=0.024$) เพียงเท่านั้นคือ มีปริมาณ GF-2 6.12 ± 1.03 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบรับประทานทั้งเปลือก เทียบกับ 7.03 ± 1.26 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัมแบบปอกเปลือก จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ซึ่งเป็นใยอาหารนั้นไม่ได้อยู่ในส่วนของผิวเปลือก แต่พบอยู่ภายในเนื้อของแก่นตะวัน ทั้งนี้เนื่องจากแก่นตะวันมีเปลือกที่บางมาก และทำความสะอาดง่าย การบริโภคจึงสามารถเลือกรับประทานได้ทั้งแบบปอกเปลือกออกหรือไม่ปอกเปลือกก่อนรับประทานก็ได้

3.3 การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้

จากผลการศึกษาของหัวแก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์ พบปริมาณความชื้นที่ค่อนข้างสูง และน้ำตาลรวมที่ต่ำมาก ด้านคุณสมบัติทางกายภาพจึงเหมาะกับการนำมาประกอบเป็นอาหารที่ให้พลังงานต่ำ และช่วยควบคุมน้ำหนักได้ดี ในประเทศไทยเองแก่นตะวันเริ่มเข้ามาใช้ประโยชน์เป็นอาหารเชิงสุขภาพมากขึ้น จากลักษณะของแก่นตะวันที่มีหัวคล้ายขิงและข่า มีกลิ่นหอม รสชาติหวาน กรอบ คล้ายมันแกว ข้อมูลจากการสอบถามผู้ที่บริโภคหัวแก่นตะวันสด เป็นประจำ พบว่าเมื่อรับประทานหัวแก่นตะวัน จะรู้สึกอิ่ม กินอาหารน้อยลง ระบบขับถ่ายดี ไม่มีปัญหาท้องผูก และช่วยลดอาการจุกเสียดแน่นท้องได้ (18)

อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ยังไม่ได้ถูกกำหนดปริมาณที่แนะนำให้คนบริโภคต่อวัน และปริมาณการบริโภคโดยทั่วไปของคนไทย ยังไม่มีการศึกษา แต่สำหรับในอเมริกา พบปริมาณอยู่ที่ 1-4 กรัม และในยุโรป มีปริมาณอยู่ถึง 11 กรัม ที่ได้จากการบริโภคอาหารที่เป็นแหล่งอินนูลิน ได้แก่หอมใหญ่ และข้าวสาลี (10) ในทางอุตสาหกรรมอาหารและศูนย์ธรรมชาติบำบัดมีการสนับสนุนการบริโภค ได้นำหัวแก่นตะวันไปแปรรูปและเป็นส่วนประกอบหนึ่งใน

เมนูอาหาร ได้แก่ ทำเป็นซูปแก่นตะวัน รวมทั้งการรับประทานสดในลักษณะผักสด ได้แก่ เมนูสลัดแก่นตะวัน และยำแก่นตะวัน เป็นเมนูอาหารที่ช่วยควบคุมน้ำหนัก หรือทำเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ในลักษณะแคปซูล เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมอินนูลินในปัจจุบันพบมีปริมาณอยู่ที่ 5 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค อ้างถึงสรรพคุณว่ามีส่วนช่วยลดอาการท้องผูก ช่วยลดการดูดซึมของน้ำตาลและไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดแข็งตัว เพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม ส่งผลต่อการป้องกันโรคกระดูกพรุนได้ และประโยชน์ทางด้าน Prebiotic คือเป็นอาหารของจุลินทรีย์สุขภาพ เพื่อเพิ่มภูมิต้านทานให้กับร่างกาย จากข้อมูลการวิเคราะห์ในการศึกษารังนี้หัวแก่นตะวันมีปริมาณอินนูลินอยู่ในช่วง 14-20 กรัม ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์อยู่ในช่วง 3-6 กรัม ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ดังนั้นถ้านำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการรับประทานจริง (Serving size) ซึ่งปริมาณการรับประทานต่อหนึ่งหน่วยบริโภคอยู่ที่ 70 กรัมต่อคนที่รับประทานต่อวัน (เนื่องจากไม่มีค่าของแก่นตะวัน จึงอ้างอิงค่าของปริมาณการรับประทานมันแกว เพื่อประมาณค่าต่อหนึ่งหน่วยบริโภค) ดังนั้นจะได้รับอินนูลินอยู่ที่ประมาณ 13.6 กรัม และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ประมาณ 3.6 กรัม ซึ่งพบว่าเป็นปริมาณที่สูง และมีผลต่อสุขภาพ ดังนั้นถ้ามีการสนับสนุนและพัฒนาเป็นอาหารบริโภคมากขึ้น แก่นตะวันน่าจะเป็นอาหารที่ส่งเสริมสุขภาพได้ไม่น้อย

4. สรุป

จากการศึกษาหาปริมาณอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่วิเคราะห์ได้ในแก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์ ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม พบว่าทุกสายพันธุ์มีปริมาณอินนูลินสูงอยู่ในช่วง 14.1 ถึง 20.4 กรัมโดยพบว่าสายพันธุ์ JA 38 และ CN 52867 มีปริมาณอินนูลินสูงสุด (79.2-84.9 และ 70.5-77.6 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ) และพบปริมาณ ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (ผลรวมของ GF2, GF-3 และ GF4) สูงสุด ในสายพันธุ์ HEL 69 และ JA 38 (20.8-23.3 และ 20.9-22.7 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ)

การศึกษาผลของ Inulin, GF-2, GF-3, GF-4 และ Sum FOS ในแกนตะวันที่รับประทานทั้งเปลือกและแบบปอกเปลือกของแต่ละสายพันธุ์พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น GF-2 ($p = 0.024$) ที่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นผู้บริโภคจึงสามารถเลือกรูปแบบของการรับประทานได้ทั้งแบบปอกเปลือกออก หรือล้างให้สะอาดโดยไม่ปอกเปลือกก่อนรับประทาน โดยสรุปหากเปรียบเทียบกับปริมาณการรับประทานต่อหนึ่งหน่วยบริโภคที่ 70 กรัมต่อคนที่รับประทานต่อวัน จะได้รับอินนูลินสูงถึงประมาณ 13.6 กรัม และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ประมาณ 3.6 กรัม ซึ่งถ้ามีการสนับสนุนและบริโภคกันเป็นประจำ จากคุณสมบัติความเป็นใยอาหารและพรีไบโอติกของอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ จะมีส่วนช่วยเสริมภูมิคุ้มกันและป้องกันโรคเรื้อรังบางโรคได้ดี โดยไม่จำเป็นต้องได้รับการเสริมอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป อย่างไรก็ตามแกนตะวันที่รู้จักกันเฉพาะในกลุ่มที่ดูแลสุขภาพเท่านั้นและในด้านการเพาะปลูกยังมีปริมาณที่จำกัดด้วย พบได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น หนองคาย ขอนแก่น อุดรธานี มหาสารคาม สกลนคร นครราชสีมา นครพนม ร้อยเอ็ด และในเขตภาคกลางของจังหวัดลพบุรี สระบุรี เป็นต้น เนื่องจากแกนตะวันที่มีปริมาณอินนูลินสูง จึงควรได้รับการสนับสนุนให้มีการเพาะปลูกและบริโภคเป็นอาหารให้แพร่หลายมากขึ้น รวมทั้งนำไปพัฒนาสู่อุตสาหกรรมอาหารต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหิดล (ทุนอุดหนุนวิจัยรุ่นใหม่ ปี 2551) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Yawarat Porapakkham, Pornpan Bunyarath, and team. Consumption of fruits and vegetables of the Thai people. *Thailand Health Crisis* 2549;2(15) : 6 pages

- (2) Ministry of Public Health Thailand health profile report 2005-2007. Available from: http://www.moph.go.th/ops/thp/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=2&lang=en [Accessed 2010 August 20].
- (3) Gene A Spiller. CRC handbook of dietary fiber in human nutrition. 3rd ed. Boca Raton, Fla., USA. 2001; 709 p.
- (4) Roberfroid MB and Delzenne NM. Dietary fructans. *Annual Review of Nutrition* 1998; 18: 117-143.
- (5) Meyer M and Stasse-Wolthuis M. The bifidogenic effect of inulin and oligofructose and its consequences for gut health. *Eur J Clin Nutr.* 2009; 63: 1277-1289.
- (6) Elzbieta B, Maria B. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. *Trends Food Sci Tech.* 2004; 15: 170-5.
- (7) Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cummings, J. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterol.* 1995; 108 (4): 975-82.
- (8) van de Wiele T, Boon N, Possemiers S and Jacobs H. Inulin-type fructans of longer degree of polymerization exert more pronounced in vitro prebiotic effects. *J Appl Microbiol.* 2007; 102: 452-460.
- (9) Abrams SA, Hawthorne KM, Aliu O, Hicks PD, Chen Z and Griffin IJ. An inulin-type fructan enhances calcium absorption primarily via an effect on colonic absorption in humans. *J Nutr.* 2007; 137(10): 2208-2212.

- (10) van Loo J, Coussement P, DeLeenheer L, Hoebregs H, Smits G. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the Western diet. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1995; 35: 525-552.
- (11) Judprasong K, Tanjor S, Sungpuag P, Puwastien P. Investigation of Thai plants for potential sources of inulin-type fructans. *J Food Comp and Anal.* 2011; 24: 642-649.
- (12) Vorasoot N, Jogloy S. Inulin: Non-digestible carbohydrate as soluble fiber from Kaentawan for human health. *Khon Kaen Agric.* 2006; 34(2): 85-91.
- (13) Pimsaen W, Jogloy S, Suriharn B, Kesmala T, Pensuk V and Patanothai A. Genotype by environment (GxE) interactions for yield component of Jerusalem artichoke (*Helianthus Tuberosus L.*). *Asian J. Plant Sciences.* 2010; 9: 11-19.
- (14) AOAC. Official methods of analysis of the AOAC, Association of Official Analytical Chemists. In: Horwitz W. editor. 18th ed. AOAC International, Maryland. 2005; Methods: 997.08, 990.19.
- (15) Joye D, Hoebregs H. Determination of oligofructose, a soluble dietary fiber, by high-temperature capillary gas chromatography. *J AOAC Int.* 2000; 83: 1020-1025.
- (16) Saengkanuk A. Analysis of inulin and derivatives in Jerusalem artichoke (*Helianthus Tuberosus L.*) tubers. Master of Science Thesis in Analytical Chemistry, Graduate School, Khon Kaen University. 2009; 118 p.
- (17) Campbell JM, Bauer LL, Fahey GC, Jr Hogarth AJCL, Wolf BW, Hunter DE. Selected fructo-oligosaccharide (1-Kestose, Nystose, and 1^F-β-Fructofuranosylnystose) composition of foods and feeds. *J Agric Food Chem.* 1997; 45: 3076-3082.
- (18) Khon Kaen NEWS. Khon Kaen University encouraged “Kaen Tawan” NEW economic plant, to process for health and alternative energy. Manager issued Thursday 24 August, 2007 ([http : // www.news.kku.ac.th/newspaper/content/view/69/68/](http://www.news.kku.ac.th/newspaper/content/view/69/68/))