รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาการเพิ่มมูลค่าผลผลิต
2. **โครงการวิจัย** : การผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่จากพืช

   กิจกรรม : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสกัดสารสำคัญและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การผลิตฟรุกแตนผงจากหอมแดง

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Fructans From Shollot (*Allium ascalonicum L.)*
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
   สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

   ผู้ร่วมงาน : นางสาวสุปรียา ศุขเกษม
   นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์
   สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. **บทคัดย่อ**

การผลิตฟรุกแตนผงจากหอมแดงดำเนินการทดลองที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างปี 2555 – 2556 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งแบบ heat pump ต่อปริมาณฟรุกแตนและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดฟรุกแตนจากหอมแดง ผลจากการศึกษาผลของการอบแห้งผลการอบแห้งหอมแดงด้วยการอบแห้งแบบ heat pump พบว่าปริมาณฟรุกแตนในหอมลดลงจากหอมแดงสด 21.22 % และ 18.22 % โดยน้ำหนักแห้ง ภายหลังการอบแห้งจนมีความชื้นคงที่เป็นเวลา 21 และ 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45 และ 50°C ตามลำดับ การศึกษาสภาวะการสกัดฟรุกแตนโดยเปรียบการสกัดโดยใช้น้ำ สารละลายเอทานอล 70% v/v สารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L และสารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L ในเอทานอล 70% v/v ในตัวอย่างหอมหัวใหญ่ หอมอินเดีย และ หอมแดง พบว่าการสกัดด้วยน้ำจะสามารถสกัดฟรุกแตนในหอมได้ดีที่สุด โดยหอมแดงมีปริมาณฟรุกแตนสูงกว่า หอมอินเดีย และ หอมหัวใหญ่ โดยมีปริมาณฟรุกแตน 8.105 ± 0.185 6.225 ± 0.081 และ 0.034 ± 0.005 % โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ และอัตราส่วนหอมแดงต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดฟรุกแตน คือ 20 : 100 เมื่อนำสารสกัดฟรุกแตนจากหอมแดงทำแห้งโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะได้ฟรุกแตนผงที่มีลักษณะ

เป็นผงสีเหลืองอ่อนถึงชมพูอ่อน มีกลิ่นรสเฉพาะตัว มีปริมาณน้ำอิสระต่ำ และมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดโดยเฉลี่ย 46.76 % ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณฟรุกแตนจาก chicory root ที่มีขายในท้องตลาด
คำสำคัญ : ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ อินูลิน ฟรุกแตน พรีไบโอติก หอมแดง

Fructans extraction from shallot (*Allium ascalonicum L.*) was performed during 2012 - 2013 at Postharvest and Processing Research and Development Office. The effects of heat pump drying and extract conditions on fructans content were investigated. The results showed that fructans content in dried shallots reduced from fresh shallot to 21.22 % and 18.22 % dry wt. after drying until constant moisture content for 21 and 18 hours at 45 and 50°C respectively. For extraction, effect of 4 solvent, water, 70% v/v ethanol, 500 mg/L $CaCO_3$ and 500 mg/L $CaCO_3$ in 70% v/v ethanol were investigate for three type of onion like bulb viz. onion, red onion and shallot were studied. The appropriate solvent that had highest ability to extraction fructans was water and the fructans content in shallot was higher than red onion and onion that were 8.105 ± 0.185 6.225 ± 0.081 and 0.034 ± 0.005 % fresh wt. respectively. The optimal ratio of shallot and water was 20:100. Afterward, the fructans extract were dried by spray drying. Fructans powder was pale yellow to light pink, low water activity and individual shallot flavor. Moreover, it had total fructans content 46.76 % that similar to fructans content in commercial fructans from chicory root.

Key words : fructo-oligosaccharide, Inulin, Fructan, Prebiotic, shallot

6. คำนำ

Fructo-oligosaccharide และ Inulin ต่างเป็น oligo และ polysaccharide ของ fructose ซึ่งมี degree of polymerization (DP) ที่แตกต่างกันรวมเรียกว่า fructan (Muir *et al*., 2007) สารที่มีค่า DP อยู่ระหว่าง 2-9 เรียก Fructo-oligosaccharide (FOS) หรือ oligofructose ส่วนที่มีค่า DP มากกว่า 10 เรียก inulin

จากการสำรวจของประเทศออสเตรเลียพืชที่พบ FOS และ inulin เป็นจำนวนมากได้แก่ แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) นอกจากนี้สารทั้งสองชนิดยังพบในผักต่าง ๆ เช่น กระเทียม หอมหัวแดง หอมหัวใหญ่ ซึ่งให้ปริมาณ 1.2 - 17.4 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด นอกจากนี้ยังพบสารทั้งสองชนิดในผลไม้ เช่น ลำไย ลูกพีช ลูกไหน และแตงโม ที่ปริมาณ 0.26 – 0.46 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Muir *et al*., 2007)

คาร์โบไฮเดรทประเภทนี้ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสารทั้งสองชนิดสามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในด้านต่าง ๆ เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้โทษในลำไส้ (Roberfroid *et al*., 1998) ป้องกันอาการท้องผูก (Nyman, 2002) เพิ่มอัตราการดูดซึมแคลเซียม (Abrams *et al*., 2005) ช่วยให้ระบบลำไส้ทำงานได้เป็นปกติ (Kleessen and Blaut, 2005) และยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้อีกด้วย (Van Loo *et al*., 2005)

พืชเช่น แก่นตะวัน มีปริมาณ Inulin อยู่ถึง 14-19 % พืชชนิดนี้จึงได้รับความสนใจสูงในการนำไปสกัดเพื่อผลิต Inulin ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อส่งเสริมคุณประโยชน์ของอาหารต่อร่างกาย (functional food) (Lingyun *et al*., 2007) และหอมหัวใหญ่เป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีปริมาณ FOS 11 – 14 mg/g FW (Benkeblia et al., 2005)

ในยุโรป Chicory ใช้เป็นแหล่ง Inulin โดยหั่น แช่ในน้ำร้อน กรองแยกสารละลายจะได้สารละลายที่มี fructose สายโซ่ต่าง ๆ ความร้อนจำเป็นต้องใช้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ย่อยสลาย Inulin (Inulinase) โปรตีนและสารมีขั้วอื่น ๆ กำจัดออกด้วย lime หรือ คาร์บอน และ diatomaceous earth แล้ว deionized ด้วย ion exchange resins แยกส่วนของ inulin ที่มี DP สูงที่ต้องการด้วย ethanol crystallization chromatography หรือ ultrafilltration ซึ่งจะช่วยลดประมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว น้ำตาลโมเลกุลคู่ กรดอะมิโนที่มวลโมเลกุลต่ำ และโปรตีนอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการได้ (Laurenzo *et al*., 1999) นอกจากนี้ Saengthongpinit and Sajjaanantakul (2005) ได้อธิบาย การสกัด fructan โดย บดตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นชั่งตัวอย่าง 30 กรัม ผสมกับน้ำ deionised ที่อุณหภูมิ 85°C เขย่าตัวอย่างทุก 15 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นปรับน้ำหนักให้เป็น 100 กรัม แล้วนำไปเหวี่ยงแยกกากที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมากรองแยกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 42 อีกครั้ง แล้วจึงนำตัวอย่างที่ได้มากรองผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมครอน แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C

การหาปริมาณ Fructans สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การใช้ High-Performance Anion-Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection (HPAEC-PAD) วิธีการนี้จะใช้เบสเข้มข้นเช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำให้กลุ่มไฮดรอกซิลของคาร์โบไฮเดรทเปลี่ยนเป็น oxyanions ซึ่งทำให้สามารถใช้วิธีโครมาโตกราฟฟีได้ และยังสามารถใช้หา degree of polymerization ได้อีกด้วย (Lee, 1990)

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์และสารเคมี

- ตัวอย่างหอมแดง และหอมหัวใหญ่ ซื้อมาจากตลาดไท ส่วนตัวอย่างหอมอินเดียได้รับอนุเคราะตัวอย่างจากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร
- ชุดวิเคราะห์ Fructan Assay kit (Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland)
- กรดซิตริก (เกรดอาหาร,บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด)

- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิพร้อมเครื่องเขย่า Julabo รุ่น SW 21
- เครื่องเตรียมอาหารขนาดเล็ก (Mara, MR1168)
- สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Cecil, Model 2000)
- ตู้อบแห้งแบบ heat pump (HP-01 L005, JAT, Jakawai Agri.Tech)
- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Novasina รุ่น TH 200
- เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta รุ่น CR 400)
- เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

- วิธีการ

1. การศึกษาผลของการอบแห้งต่อปริมาณฟรุกแตนในหอมแดง

การศึกษาผลของการอบแห้งต่อปริมาณฟรุกแตนในหอมแดงจะศึกษาการอบแห้งหอมแดงด้วยตู้อบแห้งแบบ heat pump ที่อุณหภูมิ 45 และ 50°C เป็นเวลา 12 15 18 21 และ 24 ชั่วโมง และศึกษาผลของการแช่และไม่แช่สารละลายกรดซิตริกก่อนอบ วางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 x 5 factorial in RCB ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีวิธีการดังนี้

- เตรียมตัวอย่างหอมแดง โดยปอกเปลือกแล้วล้างทำความสะอาด หั่นสไลด์ด้วยเครื่องเตรียมอาหารขนาดเล็ก
- แบ่งหอมแดงที่หั่นสไลด์แล้วแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3 % w/v เป็นเวลา 20 นาที แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ
- นำหอมแดงส่วนที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก และไม่ได้แช่ อบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบ heat pump ที่อุณหภูมิ 45 และ 50°C เป็นเวลา 12 15 18 21 และ 24 ชั่วโมง
- วิเคราะห์ความชื้นของตัวอย่างหอมแดงอบแห้งโดยการคำนวณน้ำหนักที่ลดลงหลังจากการอบที่ 105°C (AOAC, 1995) และหาปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในหอมแดง โดยวิธี enzymatic/spectrotometric method โดยใช้ Fructan Assay kit (AOAC official method 999.03)

2. การศึกษาปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในหอมชนิดต่าง ๆ

2.1 การศึกษาผลของตัวทำละลายต่อการสกัดฟรุกแตน

การศึกษาผลของตัวทำละลายต่อการสกัดฟรุกแตนจะศึกษาโดยเปรียบความสามารถในการสกัดฟรุกแตนของตัวทำละลาย 4 ชนิดได้แก่ น้ำ สารละลายเอทานอล 70% v/v สารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L และสารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L ในเอทานอล 70% v/v ในตัวอย่างหอมหัวใหญ่ในประเทศ หอมอินเดีย และ หอมแดง วิธีการสกัดได้ประยุกต์มาจากการสกัดฟรุกแตนในตัวอย่างตามวิธีการหา

ปริมาณฟรุกแตนโดยใช้วิธี enzymatic/spectrotometric method (AOAC official method 999.03) โดยมีวิธีการดังนี้

1. ปั่นตัวอย่างหอมหัวใหญ่ด้วยเครื่องปั่นละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 15 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่
3. เติมตัวทำละลายที่มีอุณหภูมิ 80° □C ปริมาตร 80 mL ปิดปากขวดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์
4. แช่ในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ 80° □C เป็นเวลา 15 นาที
5. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ถ่ายลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
6. กรองด้วยกระดาษกรอง whatman No.1
7. เก็บตัวอย่างที่ -20□° □C เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในหอมชนิดต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนในหอมชนิดต่าง ๆ ได้แก่ หอมหัวใหญ่ หอมอินเดีย และหอมแดง วิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในตัวอย่างโดยใช้ Fructan Assay kit (AOAC Method 999.03; Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำจัดซูโครส แป้งและน้ำตาลรีดิวซ์ โดยปิเปิตตัวอย่างสารสกัด 0.2 mL ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติมเอ็นไซม์ Sucase/Amylase ปริมาตร 0.2 mL แล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาเติมสารละลาย alkaline borohydride ปริมาตร 0.2 mL เขย่าอย่างแรง แล้วบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลรีดิวซ์ให้เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ จากนั้นนำมาเติมสารละลายกรดอะซิติกความเข้นข้น 200 mM ปริมาตร 0.5 mL แล้วเขย่าอย่างแรง จะได้เป็น solution S

2. ไฮโดรไลซีสและวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตน โดยปิเปิต solution S 0.2 mL ใส่ในหลอดทดลองจำนวน 3 อัน โดย 2 อันเป็น sample และ อีกหนึ่งอันเป็น sample blank เติมเอ็นไซม์ fruxtanase ปริมาตร 0.1 mL ใน sample และเติมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซีเตต 0.1 M ปริมาตร 0.1 mL ใน sample blank บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อไฮโดรไลซ์ฟรุกแตนให้เป็นฟรุกโตสและกลูโคส จากนั้นเติมสารละลาย PAHBAH Working Reagent ในทุกหลอดทดลอง พร้อมสารละลายมาตรฐาน D-fructose และ reagent blank นำไปแช่ในน้ำเดือดเป็นเวลา 6 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำอุณหภูมิปกติ 5 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 nM คำนวณปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดจากสมการ

$$Fructan\ (\%\,w/w) = \Delta A \times F \times \frac{V}{W} \times 2.48$$

โดย

Δ A = ค่าการดูดกลืนแสงของ sample - ค่าการดูดกลืนแสงของ sample blank

F = 54.5 µg D-Fructose/ค่าการดูดกลืนแสงของ 54.5 µg D-Fructose

V = ปริมาตรของสารสกัด

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้สกัด (mg)

2.3 การศึกษาอัตราส่วนหอมแดงต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการสกัด

การศึกษาอัตราส่วนหอมแดงต่อปริมาณน้ำร้อนที่เหมาะสมในการสกัดจะศึกษาที่ 3 อัตราส่วน คือ 10 : 100 20 : 100 และ 30 : 100 สกัดในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 80°C เป็นเวลา 15 นาที หลังจากการกรองแยกกาก เก็บสารละลาย แล้วนำกากที่เหลือสกัดซ้ำอีก 2 ซ้ำ นำสารละลายที่ได้จากการสกัดแต่ละซ้ำหาปริมาณฟรุกแตน โดยวิธี enzymatic/spectrotometric method โดยใช้ Fructan Assay kit (AOAC official method 999.03)

3. การศึกษาการทำแห้งฟรุกแตนจากหอมแดง

การศึกษาการทำให้แห้งฟรุกแตนจากหอมแดง จะสกัดฟรุกแตนโดยใช้หอมแดงบดละเอียด 20 กรัม ต่อปริมาณน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ใช้เวลาสกัดในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที หลังจากกรองแยกสารละลายแล้ว นำสารละลายที่ได้ระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศจนมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 6°Brix เพื่อทำให้สารละลายมีความเข้มข้นสูงขึ้น จากนั้นนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมขาเข้า 160°C และอุณหภูมิลมขาออก 100 °C และตั้งค่าของปั๊มจ่ายสารละลาย 8 rpm วิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนโดยวิธี enzymatic/spectrotometric method โดยใช้ Fructan Assay kit (AOAC official method 999.03) วัดค่าสี L a b และปริมาณน้ำอิสระ เทียบกับตัวอย่างฟรุกแตนผงในท้องตลาด

ระยะเวลาดำเนินการ : ตุลาคม 2554 - กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ : สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาผลของการอบแห้งต่อปริมาณฟรุกแตนในหอมแดง

การศึกษาผลของการอบแห้งต่อปริมาณฟรุกแตนในหอมแดง โดยศึกษาผลของอุณหภูมิ 45 และ 50°C เป็นเวลา 12 15 18 21 และ 24 ชั่วโมง และศึกษาผลของการแช่และไม่แช่สารละลายกรดซิตริกก่อนอบ จากการทดลองพบว่าลักษณะของหอมแดงอบแห้งที่แช่สารละลายกรดซิตริกก่อนการอบแห้งจะมีสีแดงมากกว่าหอมแดงอบแห้งที่ไม่ได้แช่สารละลายกรดซิตริกก่อนการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดซิตริกมีความสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งให้สีแดงในหอมแดงเช่นเดียวกันกับการศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในแป้ง

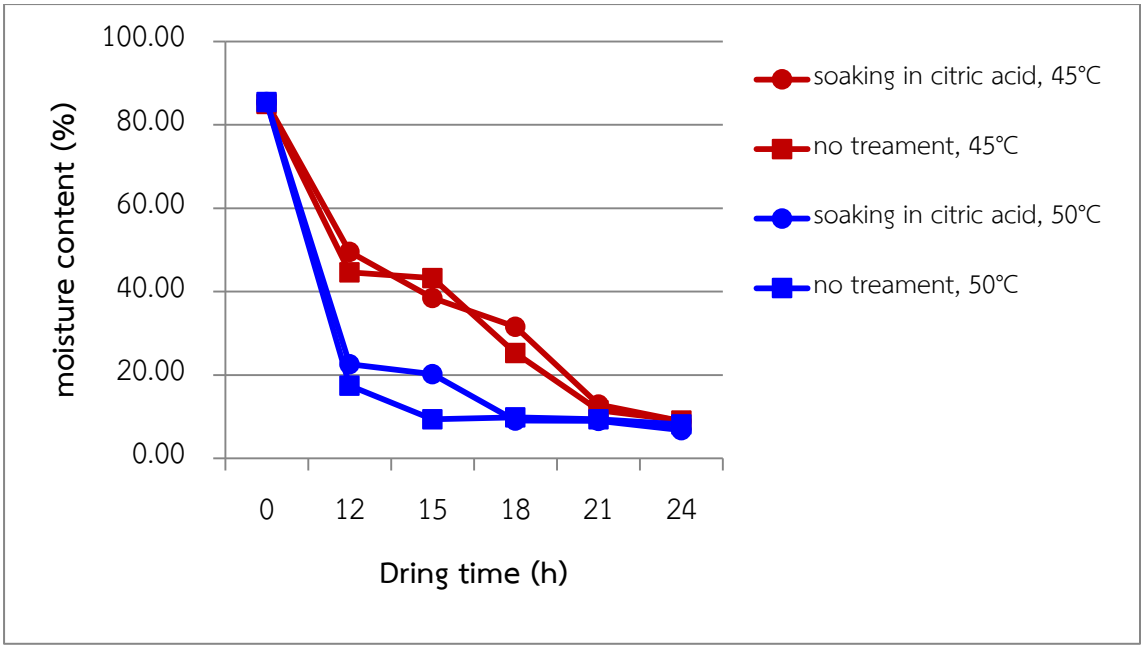
ข้าวซึ่งพบว่าการเติมกรดซิตริกจะช่วยเพิ่มความคงตัวของแอนโทไซยานิน (Durge, Sarkar and Singhal, 2013)

ภาพที่ 1 หอมแดงอบแห้งจากการอบด้วยตู้อบแห้งแบบ heat pump ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

A : แช่ในสารละลายกรดซิตริกก่อนการอบแห้ง

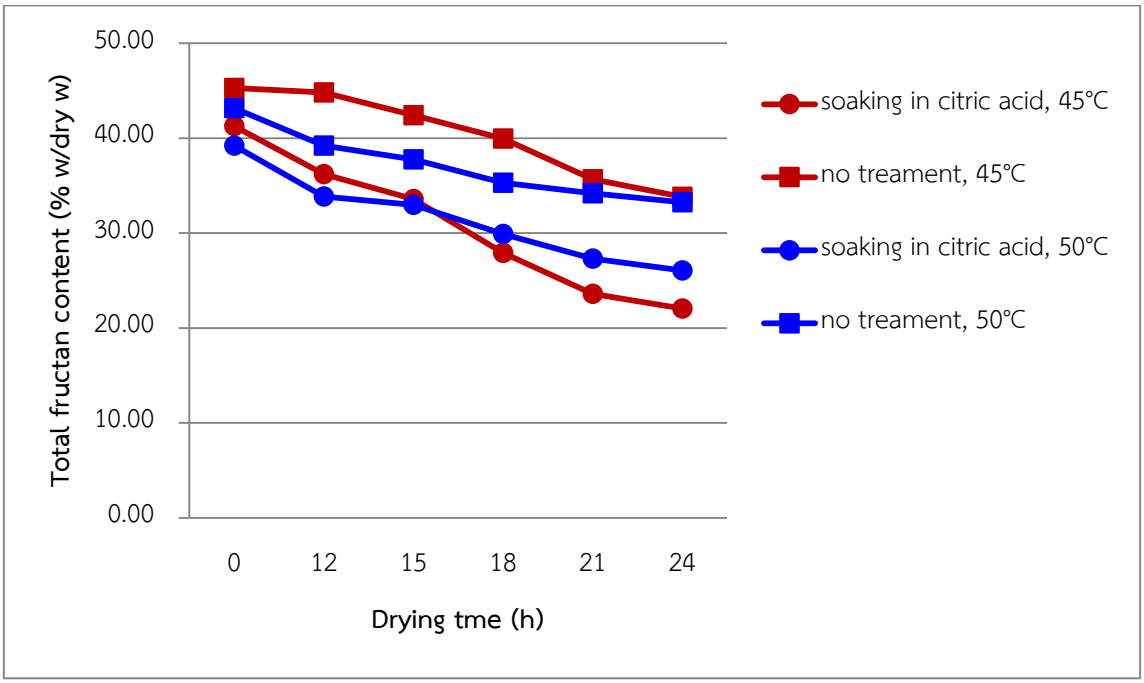
B : ไม่แช่สารละลายกรดซิตริกก่อนการอบแห้ง

การศึกษาปริมาณความชื้นในตัวอย่างหอมแดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 และ 50°C เวลา 12 15 18 21 และ 24 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดัง Figure 2 จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของหอมแดงอบแห้งจะลดลงเมื่อเวลาในการอบมากขึ้น โดยการอบที่อุณหภูมิ 50 °C ปริมาณความชื้นของหอมแดงจะเริ่มคงที่ที่การอบเป็นเวลา 18 ชั่วโมง แต่การอบที่ 45 °C ปริมาณความชื้นของหอมแดงจะเริ่มคงที่ที่การอบเป็นเวลา 21 ชั่วโมง โดยการแช่สารละลายกรดซิตริกก่อนอบและไม่แช่ มีแนวโน้มการลดลงของปริมาณความชื้นในหอมแดงอบใกล้เคียงกัน

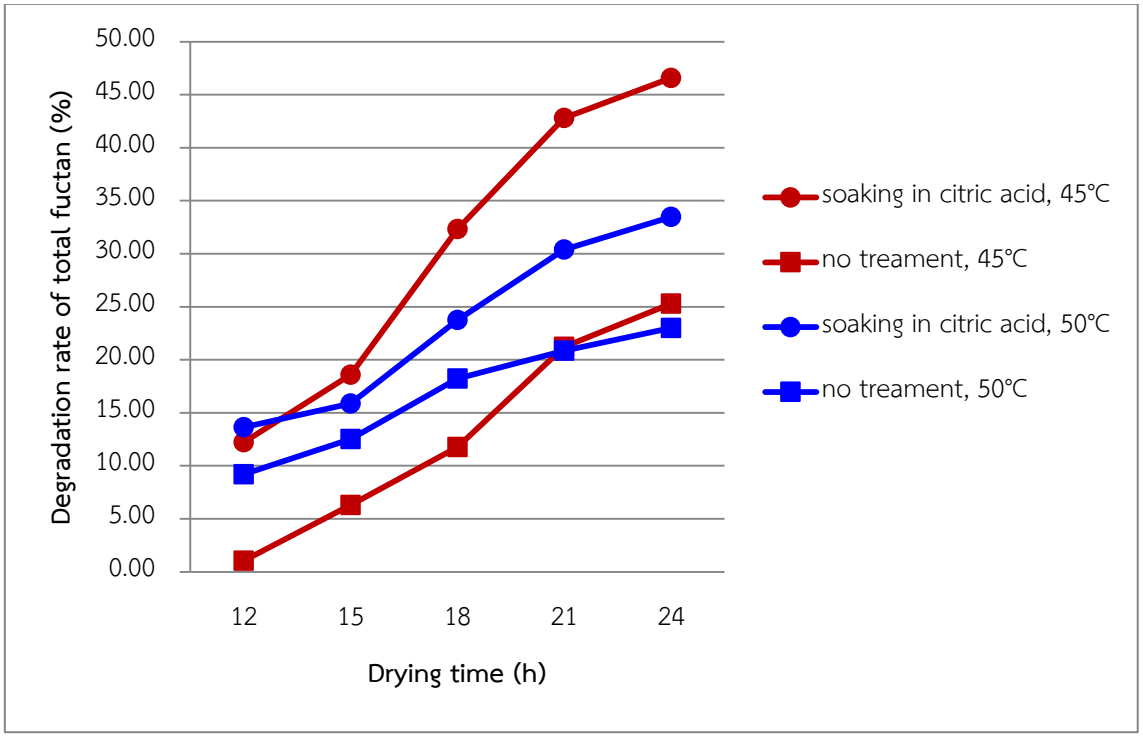


ภาพที่ 2 ปริมาณความชื้นในตัวอย่างหอมแดงอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ

การศึกษาปริมาณฟรุกแตนในหอมแดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 และ 50°C เวลา 12 15 18 21 และ 24 ชั่วโมง ให้ผลดังแสดงในภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าปริมาณฟรุกแตนในตัวอย่างหอมแดงอบแห้งที่ไม่ได้แช่สารละลายกรดซิตริกก่อนการอบแห้งทั้งที่อุณหภูมิ 45°C และ 50°C จะมีปริมาณสูงกว่าตัวอย่างหอมแดงอบแห้งที่แช่ด้วยสารละลายกรดซิตริกก่อนการอบแห้ง และปริมาณฟรุกแตนต่อน้ำหนักแห้งของหอมแดงอบแห้งจะมีปริมาณลดลงเมื่อเวลาในการอบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสูญเสียฟรุกแตนอันเนื่องมาจากกระบวนการความร้อนในการแปรรูป (Hogarth *et al.,* 2000) ในตัวอย่างหอมแดงอบแห้งที่ไม่ได้แช่กรดซิตริกก่อนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45°C ปริมาณฟรุกแตนในตัวอย่างหอมแดงอบแห้งจะมีการลดลงที่น้อยกว่าหอมแดงอบแห้งที่ 50°C แต่การอบแห้งที่ 50°C จะใช้เวลาในการอบน้อยกว่าเพื่อให้ตัวอย่างหอมแดงมีปริมาณความชื้นและปริมาณฟรุกแตนที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณฟรุกแตนที่ต่ำลงในการแช่สารละลายกรดซิตริกก่อนการอบแห้งทั้งสองอุณหภูมินั้น Blecker *et al*. (2002) ได้อธิบายไว้ว่า FOS และ อินูลินจะถูกไฮโดรไลซิสในตัวกลางที่มีความเป็นกรด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอัตราการลดลงของปริมาณฟรุกแตนในหอมแดงอบแห้ง (ภาพที่ 4) จะเห็นได้ว่า หอมแดงอบแห้งที่ไม่ได้แช่สารละลายกรดซิตริกในการอบแห้งที่ 50°C จะมีการลดลงของปริมาณฟรุกแตนน้อยกว่าที่ 45°C แต่เมื่อเปรียบเทียบหอมแดงอบแห้งที่ 50°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จะมีปริมาณฟรุกแตนลดลงจาก 43.17 % โดยน้ำหนักแห้งในหอมแดงสด เป็น 35.31 % โดยน้ำหนักแห้ง มีการลดลง 18.22 % ดังนั้นการสกัดฟรุกแตนจากหอมแดงจึงควรสกัดจากหอมแดงสดมากกว่าหอมแดงอบแห้งเพื่อลดการสูญเสียฟรุกแตนอันเนื่องมากจากความร้อนในกระบวนการแปรรูป



ภาพที่ 3 ปริมาณฟรุกแตนในหอมแดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 และ 50°C ที่เวลาในการอบแห้งต่าง ๆ



ภาพที่ 4 อัตราการลดลงของปริมาณฟรุกแตนในการอบแห้งที่ 45 และ 50°C ที่เวลาต่าง ๆ เทียบกับในหอมแดงก่อนการอบแห้ง

2. การศึกษาปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในหอมชนิดต่าง ๆ

2.1 การศึกษาผลของตัวทำละลายต่อการสกัดฟรุกแตน

การศึกษาผลของตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ สารละลายเอทานอล 70% v/v สารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L และสารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L ในเอทานอล 70% v/v ในการสกัดฟรุกแตนในตัวอย่างหอมหัวใหญ่ในประเทศ และหอมอินเดีย การสกัดฟรุกแตนนิยมใช้น้ำหรือตัวละลายที่อุณหภูมิสูงในการสกัด เช่น Paseephol *et al*. (2007) ได้สกัดอินูลินในแก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) โดยใช้น้ำเดือดเป็นเวลา 10 -15 นาที และ Toneli *et al*.(2008) สกัด chicory root แห้งด้วยน้ำกลั่นร้อน 80°C ใช้ เวลาสกัดประมาณ 1 ชั่วโมง การสกัดด้วยเอทานอลจะสามารถสกัดอินูลินที่มีสายยาวได้ดี และการเติมสารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L เพื่อป้องกันการไฮโดรไลซิสที่ pH ต่ำกว่า 6 (Apolinário *et al.*, 2014) จากผลการทดลองในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการสกัดฟรุกแตนในหอมอินเดีย และหอมแดง โดยใช้น้ำเป็นตัวละลายสามารถสกัดฟรุกแตนดีกว่า สารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L สารละลายเอทานอล 70% v/v และ สารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L ในเอทานอล 70% v/v โดยมีปริมาณฟรุกแตนที่สกัดได้จากการสกัดด้วยน้ำ 6.225 ± 0.081 และ 8.105 ± 0.185 %w/w ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชนิดของฟรุกแตนในหอมอินเดียและหอมแดงที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ซึ่ง Roberfroid (2004) ได้แสดงปริมาณฟรุกแตนในหัวหอม (onion) ค่า DP 1-12 ส่วนการสกัดฟรุกแตนด้วยตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิดในหอมหัวใหญ่มีปริมาณใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณฟรุกแตนในหอมหัวใหญ่ที่สกัดได้มีปริมาณค่อนข้างต่ำจึงมีความแตกต่างของปริมาณฟรุกแตนแต่ละชนิดน้อย ดังนั้นการสกัดฟรุกแตนจากหอมอินเดีย และหอมแดง โดยใช้น้ำร้อนเป็นตัวทำละลายจะสกัดฟรุกแตนได้ดีกว่าการใช้ สารละลายเอทานอล 70% v/v สารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L และสารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L ในเอทานอล 70% v/v

ตาราง 1 ปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในหอมหัวใหญ่จากการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ตัวทำละลาย	% Fructans (w/w)
หอมหัวใหญ่ในประเทศ	น้ำ	0.034 ± 0.005
	70 % v/v เอทานอล	0.030 ± 0.004
	500 mg/L CaCO3	0.029 ± 0.001
	501 mg/L CaCO3 ใน 70 % v/v เอทานอล	0.035 ± 0.006
หอมอินเดีย	น้ำ	6.225 ± 0.081
	70 % v/v เอทานอล	4.694 ± 0.242
	500 mg/L CaCO3	3.935 ± 0.351
	501 mg/L CaCO3 ใน 70 % v/v เอทานอล	3.993 ± 0.249
หอมแดง	น้ำ	8.105 ± 0.185

70 % v/v เอทานอล	5.385 ± 0.079
500 mg/L CaCO3	3.876 ± 0.090
501 mg/L CaCO3 ใน 70 % v/v เอทานอล	3.617 ± 0.034

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟรุกแตนทั้งหมดในหอมชนิดต่าง ๆ

จากผลการศึกษาปริมาณฟรุกแตนในหอมหัวใหญ่ หอมอินเดีย และหอมแดง (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่า หอมแดงมีปริมาณฟรุกแตนสูงกว่า หอมอินเดีย และหอมหัวใหญ่ ตามลำดับ โดยมีปริมาณฟรุกแตน 8.105±0.185 6.225±0.081 และ 0.034±0.005 %w/w ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกใช้หอมแดงในการศึกษาการผลิตฟรุกแตนผงต่อไป

2.3 การศึกษาอัตราส่วนหอมแดงต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการสกัด

การศึกษาอัตราส่วนหอมแดงต่อปริมาณน้ำร้อนที่เหมาะสมในการสกัดจะศึกษาที่ 3 อัตราส่วน คือ 10 : 100 20 : 100 และ 30 : 100 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ในการสกัดรอบที่ 1 การสกัดด้วยอัตราส่วนหอมแดงต่อน้ำ 20 : 100 สามารถสกัดฟรุกแตนได้มากกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วนหอมแดง 10 : 100 และ 30 : 100 ตามลำดับ โดยมีปริมาณฟรุกแตน 7.513±0.005 6.607±0.002 และ 5.877±0.006 ตามลำดับ การสกัดด้วยอัตราส่วนหอมแดงต่อน้ำ 10 : 100 และ 20 : 100 สามารถสกัดฟรุกแตนในหอมแดงออกได้ปริมาณใครการสกัดครั้งแรก ทำให้การสกัดในครั้ง 2 และ 3 นั้น มีปริมาณฟรุกแตนเหลืออยู่เล็กน้อย ดังนั้นอัตราส่วนของหอมแดงต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดฟรุกแตนจากหอมแดง คือที่ อัตราส่วน 20 : 100

ตารางที่ 2 ปริมาณฟรุกแตนในหอมแดงจากการสกัดในน้ำร้อนที่อัตราส่วนหอมแดงต่อน้ำ 10 : 100 20 : 100 และ 30 : 100

อัตราส่วนหอมแดงต่อน้ำ	ปริมาณฟรุกแตน (% w/w)		
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3
10 : 100	6.607 ± 0.002	0.129 ± 0.003	0.033 ± 0.002
20 : 100	7.513 ± 0.005	0.146 ± 0.004	0.017 ± 0.000
30 : 100	5.877 ± 0.006	1.548 ± 0.004	0.235 ± 0.006

3. การศึกษาการทำแห้งฟรุกแตนจากหอมแดง

จากการทดลองทำแห้งสารสกัดฟรุกแตนจากหอมแดงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย ลักษณะของสารสกัดฟรุกแตนผงจากหอมแดงที่ได้ มีลักษณะเป็นผง สีเหลืองอ่อนถึงชมพูอ่อน โดยมีสีเข้มกว่าฟรุกแตนผงจาก Chicory root ในท้องตลาด ดังแสดงในภาพที่ 5 สอดคล้องกับค่าสีดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าฟรุกแตนผงจากหอมแดงมีค่าความสว่าง (L*) 76.72 ต่ำกว่าค่าความสว่างของฟรุกแตนผงจาก Chicory root ในท้องตลาดที่มีค่าความสว่าง 93.26 นอกจากนี้ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ฟรุกแตนผงจากหอมแดงเป็น 7.18 และ 8.47 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าฟรุกแตนผงจากหอมแดงมีแนวโน้มของสีแดงและสีเหลืองมากกว่าฟรุกแตนผงจาก Chicory root ในท้องตลาด จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระในฟรุกแตนผงจากหอมแดงและฟรุกแตนผงจาก Chicory root ในท้องตลาด พบว่ามีปริมาณน้ำอิสระ 0.132 และ 0.221 ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลต่อการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ดังนั้นฟรุกแตนผงจากหอมแดงและและฟรุกแตนผงจาก Chicory root ในท้องตลาด มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วงผลิตภัณฑ์อาหารแห้งซึ่งจะมีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 (นิธิยา, 2553) แสดงให้เห็นว่าฟรุกแตนผงจากหอมแดงและและฟรุกแตนผงจาก Chicory root ในท้องตลาดสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องได้นาน และจากการศึกษาปริมาณฟรุกแตนในฟรุกแตนผงจากหอมแดงและและฟรุกแตนผงจาก Chicory root ในท้องตลาด พบว่าปริมาณฟรุกแตนในตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณฟรุกแตนใกล้เคียงกันคือ 46.74 และ 43.12 % w/w ดังนั้นการผลิตฟรุกแตนผงจากหอมแดงสามารถผลิตได้ฟรุกแตนผงที่มีปริมาณฟรุกแตนในระดับใกล้เคียงกับฟรุกแตนที่มีขายอยู่ในท้องตลาด โดยมีปริมาณน้ำอิสระต่ำสามารถเก็บรักษาได้นานเช่นเดียวกัน แต่ฟรุกแตนผงจากหอมแดงที่ได้จะมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการใช้ผสมในเครื่องดื่ม เช่น ชา กาแฟ หรือชงดื่ม เช่นเดียวกับฟรุกแตนผงในท้องตลาด เนื่องจากมีกลิ่นรสที่แรงของหอมแดง การประยุกต์ใช้ฟรุกแตนผงจากหอมแดงนี้อาจสามารถประยุกต์เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการกลิ่นรสของหอมแดงหรือหัวหอมได้

(A)

(B)

รูปที่ 5 ตัวอย่างสารสกัดฟรุกแตน

(A) สารสกัดฟรุกแตนผงจากหอมแดง

(B) ฟรุกแตนจาก Chicory root ในท้องตลาด

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของสารสกัดฟรุกแตนจากหอมแดงเทียบกับตัวอย่างฟรุกแตนจาก chicory root ในท้องตลาด

คุณสมบัติ	ฟรุกแตนจากหอมแดง	ฟรุกแตนจาก chicory root ในท้องตลาด
ปริมาณน้ำอิสระ (Aw)	0.132	0.221
ค่าความสว่าง (L*)	76.72	93.26
ค่าสีแดง (a*)	7.18	-0.05
ค่าสีเหลือง (b*)	8.47	1.93
ปริมาณฟรุกแตน (% w/w)	46.74	43.12

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

การผลิตฟรุกแตนผงจากหอมแดงสดจะทำให้ได้ปริมาณฟรุกแตนมากกว่าหอมแดงอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งหอมแดงจนมีความชื้นคงที่ โดยการอบแห้งแบบ heat pump ที่อุณหภูมิ 50°C จะใช้เวลาในการอบแห้ง 18 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 45°C จะใช้เวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณฟรุกแตนในหอมแดงลดลง 18.22 และ 21.22 % ตามลำดับ จากการศึกษาปริมาณฟรุกแตนในหอมหัวใหญ่ หอมอินเดีย และหอมแดง พบว่าหอมแดงมีปริมาณฟรุกแตนสูงที่สุด โดยการสกัดฟรุกแตนในหอมสามารถสกัดโดยใช้น้ำร้อนสามารถสกัดฟรุกแตนในหอมได้ดีกว่าการใช้สารละลายเอทานอล 70% v/v สารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L และสารละลาย $CaCO_3$ ความเข้มข้น 500 mg/L ในเอทานอล 70% v/v อัตราส่วนหอมแดงต่อน้ำที่เหมาะสมคือ 20 : 100 และใช้เวลาสกัด 15 นาที หลังจากทำให้สารละลายเข้มข้นแล้วนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยจะได้ฟรุกแตนผงจากหอมแดงที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว สีเหลืองอ่อนถึงชมพูอ่อน มีปริมาณน้ำอิสระต่ำ และมีปริมาณฟรุกแตนทั้งหมด 46.74 % ซึ่งใกล้เคียงกับประมาณฟรุกแตนที่มีขายในท้องตลาด

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

ผลจากการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสกัดและกระบวนการทำแห้งสารสกัดฟรุกแตนจากหอมแดง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ หรือต่อยอดเพื่อพัฒนา

กรรมวิธีการสกัดให้มีประสิทธิ์ภาพดีมากขึ้นต่อไป และเป็นเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรที่มีปัญหาล้นตลาดอีกด้วย

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

-

12. เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ. 504 หน้า.

Abrams, S.A., Griffin, I.J., Hawthorne, K.M., Liang, L., Gunn, S.K., Darlington, G. and Ellis, K.J. 2005. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. The American Journal of Clinical Nutrition. 82(2): 471-476.

AOAC. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. 16th. Association of Official Analytical Chemist.Arlington, Virginia.

AOAC. 2006. Ofiicial Method of analysis of AOAC International. 18th. Association of Official Analytical Chemist. Gaithersburg, Md.

Benkeblia, N., Ueno, K., Onodera, S. and Shiomi, N. 2005. Variation of Fructooligosaccharide and Their Metabolizing Enzymes in Onion Bulb (Allium Cepa L. CV. Tenchin) During Long-term Storage. Journal of Food Science. 70(3) : S208-S214.

Durge, A. V., Sarkar, S., and Singhal, R. S. 2013. Stability of anthocyanins as pre-extrusion colouring of rice extrudates. *Food Research International*, *50*(2), 641-646.

Hogarth, A. J. C. L., Hunter, D. E., Jacobs, W. A., Garleb, K. A., and Wolf, B. W. 2000. Ion Chromatographic Determination of Three Fructooligosaccharide Oligomers in Prepared and Preserved Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*(11), 5326-5330.

Judprasong, K., Tanjor, S., Puwastien, P., and Sungpuag, P. 2011. Investigation of Thai plants for potential sources of inulin-type fructans. *Journal of Food Composition and Analysis*, *24*(4–5), 642-649.

Kleessen, B. and Blaut, M. 2005. Modulation of gut mucosal biofilms. The British Journal of Nutrition. 93: S35-S40.

Laurenzo, K.S., Navia, J.L. and Neiditch, D.S. 1999. Preparation of Inulin Product. U.S. Pat. 5,968,365. Oct. 19, 1999

Lee, Y.C. 1990. High-Performance Anion-Exchange Chromatography for Carbohydrate Analysis. Analytical Biochemistry. 189: 151-162.

Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z., Da, T., Yalin, Y., Chenggang, C., Tianhua, F. and Fan, Z. 2007. Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. Journal of Food Engineering. 79: 1087-1093.

L'homme, C., Puigserver, A., and Biagini, A. 2003. Effect of food-processing on the degradation of fructooligosaccharides in fruit. *Food Chemistry*, *82*(4), 533-537.

Muir, J.G., Shepherd, S.J., Rosella, O., Rose, R., Barrett, J.S. and Gibson, P.R. 2007. Fructan and Free Fructose Content of Common Australian Vegetables and Fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55: 6619-6627.

Nyman, M. 2002. Fermentation and bulking capacity of ingestible carbohydrates: the case of inulin and oligofructose. The British Journal of Nutrition. 87: S163-S168.

Roberfroid, M. B. (2007). Inulin-type fructans: functional food ingredients. *Journal of Nutrition*, *137*, 2493S–2502S.

Roberfroid, M. B., Van Loo, J. A. B., and Gibson, G. R. 1998. The bifidonenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *The Journal of Nutrition*, *128*(1), 11-19.

Saengthongpinit, W., and Saijaanantakul, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) tubers. Postharvest Biology and Technology, 37, 93–100.

Van Loo, J.A.B., Clune, Y. and Collins, J.K. 2005. The SYCAN projects: Goals, setups, first results and settings of the human intervention study. The British Journal of Nutrition. 93: S91-S98.