



องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางเคมีกายภาพ ของแป้งพลาว์จากแห้วจีน

Chemical Composition and Physico-Chemical Properties of Chinese Water Chestnut (*Eleocharis dulcis* Trin.) Flour

- : พานิต รุจิรพีสิฐ
- : อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
- : และสาขาวิชาระบบอุตสาหกรรมอาหาร
- : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- : E-mail: panid__ruj@yahoo.com

บทคัดย่อ

แห้วจีนเป็นพืชที่นิยมนำหัวซึ่งเป็นส่วนของลำต้นมาบริโภค รวมทั้งใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร นอกจากนี้ ยังมีการนำมาผลิตเป็นแป้งเพื่อนำมาใช้ทำอาหารจีนหลายชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งพลาว์จากแห้วจีน ที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 3 ขนาด คือ 60 80 และ 100 เมช โดยนำแป้งพลาว์ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยศึกษาลักษณะของแป้งพลาว์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน วัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) วัดค่าสีโดยใช้ Hunter lab digital color difference meter (CIE L* a* and b*) ค่าดัชนีการอุ้มน้ำ และดัชนีการละลายน้ำ กำลังการพองตัวและการละลาย สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยใช้ Differential scanning calorimeter และศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) จากนั้นคำนวณปริมาณผลผลิตที่ได้ จากผลการทดลอง พบว่า แป้งพลาว์จากแห้วจีน มีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างสูง โดยเฉพาะแป้งพลาว์ขนาด 100 เมช (32.75%) ลักษณะของแป้งพลาว์ที่มีขนาดใหญ่จะเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อนมากกว่าแป้งพลาว์ที่มีขนาดเล็ก มีค่า pH 5.62-5.66 แป้งพลาว์จากแห้วจีนมีสีเหลืองอ่อนๆ โดยแป้งพลาว์ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ มีค่า

ความสว่าง (L^*) ต่ำกว่าอนุภาคขนาดเล็ก แต่อุ้มน้ำได้ดีกว่า โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การละลายน้ำและการพองตัวของแป้งจะเพิ่มขึ้น และพบว่าแป้งฟลาวัวร์ที่มีองค์ประกอบของสตาร์ชมาก ต้องใช้พลังงานในการเกิดเจลลิตินเซชันมากขึ้น โดยแป้งฟลาวัวร์ขนาด 60 เมช มีความคงตัวของเจลเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นสูงกว่าแป้งฟลาวัวร์ขนาด 80 และ 100 เมช ตามลำดับ และปริมาณผลผลิตของแป้งฟลาวัวร์จากหัวจีนโดยรวม เท่ากับ 65.41% (โดยน้ำหนักแห้ง)

คำสำคัญ: หัวจีน ฟลาวัวร์

Abstract

Chinese water chestnut (*Eleocharis dulcis* Trin.) is one of the most popular ingredients of various Asian cuisines. It is traditionally used as peeled corms. However, the flour prepared from the corms also finds its applications in some Chinese dishes. The objective of this study was to investigate the chemical compositions and some physicochemical properties of Chinese water chestnut flour. The flour samples of different particle sizes (60-, 80- and 100-mesh) were investigated for their microscopic structure, pH, color (CIE L^* a^* and b^*), swelling power and water solubility. The thermodynamic properties of the flour samples were monitored using a Differential Scanning Calorimeter. The flour pasting behavior was investigated using a Rapid Visco Analyzer (RVA) and, finally, the production yield of the flour was calculated. It was found that Chinese water chestnut flour samples were high in amylose, especially the 100-mesh sample (32.75% amylose). The Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the flour sample with larger particle size was more likely to attach and form clusters when compared to that of smaller particle size. The pH values of Chinese water chestnut flour samples were in the range of 5.62-5.66. Chinese water chestnut flour was light yellow while the flour with larger particle size had lower L^* value than that with smaller particle size. Swelling power and water solubility of the flour samples increased with increasing temperature. Moreover, the flour sample with higher starch content required more energy for gelatinization than that with lower starch content. The 60-mesh flour produced a gel with higher stability upon cooling than the 80- and 100-mesh samples, respectively. The production yield of Chinese water chestnut flour was 65.41% on a dry weight basis.

Keywords: Chinese Water Chestnut, Flour

บทนำ

แห้วจีน มีชื่อภาษาอังกฤษว่า วอร์เทอร์นัท (Waternut) หรือ ไชนีส วอร์เทอร์ เชสต์นัท (Chinese Water Chestnut) หรือ มาไต (Matai) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า เอลิโอชาร์ิสต์ลิสทริเน (Eleocharis dulcis Trin.) เป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี (สุภาพ แควโอชา, 2547) ส่วนที่นำมารับประทานเป็น ส่วนหัวที่อยู่ใต้ดิน มีรสชาติหวานมัน เป็นพืชที่มีสรรพคุณเป็นยาแก้ร้อนใน กระหายน้ำ บำรุงธาตุ สมานแผลในทางเดินอาหาร และกระตุ้นการทำงานของร่างกาย แป้งที่ได้จากแห้วจีนมีลักษณะคล้ายแป้งมันสำปะหลัง (กรมวิชาการเกษตร, ศูนย์สารสนเทศ, 2549) คนจีนสมัยโบราณนิยมใช้แป้งแห้วมาผลิตอาหารหลายชนิด เช่น ราดหน้าต่างๆ และขนมบางชนิด เมื่อได้รับความร้อนแป้งจะสุกแบบแป้งเปียก และไม่คืนรูป (วันชัย ตันติ-วิทยาพิทักษ์, บรรณาธิการ, 2545) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งฟลาวาร์จากแห้วจีนขนาด 180-250 μm (60 เมช), 150-180 μm (80 เมช) และต่ำกว่า 150 μm (100 เมช) เพื่อเป็นแนวทางในการนำแห้วจีนมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น โดยกระบวนการที่ใช้ในการผลิตแป้งฟลาวาร์จากแห้วจีนในงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้สารเคมี และมีวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก เพื่อให้เกษตรกรหรือชุมชนสามารถนำไปผลิตได้เอง เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ในชุมชน เป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแห้วจีน และช่วยแก้ปัญหาเมื่อผลผลิตแห้วจีนล้นตลาด

วิธีการทดลอง

วัตถุดิบ ห้วแห้วจีน (*Eleocharis dulcis* Trin.)

จากจังหวัดสุพรรณบุรี โดยคัดคุณภาพหัวแห้วจีนอายุ 7-8 เดือน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2 เซนติเมตร ลักษณะเปลือกเป็นสีดำมันวาว หัวแห้วจีนมีความสมบูรณ์ โดยไม่มีตำหนิ เช่น รูแมลงเจาะ หรือมีรอยแผลน้อยที่สุด

1. กระบวนการผลิตแป้งฟลาวาร์จากแห้วจีน

ผลิตแป้งฟลาวาร์โดย นำแห้วจีนมาทำความสะอาด โดยล้างในน้ำสะอาด 2 ครั้ง ปอกเปลือก และแยกส่วนที่ไม่ต้องการออกให้หมด นำแห้วจีนที่ปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นบางๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องสไลซ์ แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ความชื้น 6-7% บดให้ละเอียด โดยใช้เครื่อง Pin mill แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อน (sieve) ขนาด 60 เมช (250 μm) 80 เมช (180 μm) และ 100 เมช (150 μm) ที่วางเรียงซ้อนกันจากบนลงล่างตามลำดับ แป้งฟลาวาร์จากแห้วจีนที่ผลิตได้จะมีขนาดอนุภาคต่างๆ กัน 3 ขนาด คือ แป้งฟลาวาร์ 60 เมช (ขนาด 180-250 μm) แป้งฟลาวาร์ 80 เมช (ขนาด 150-180 μm) และ แป้งฟลาวาร์ 100 เมช (ขนาดต่ำกว่า 150 μm)

2. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งฟลาวาร์จากแห้วจีนขนาด 60 80 และ 100 เมช

2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของแป้งฟลาวาร์จากแห้วจีน ขนาด 60 80 และ 100 เมช โดยศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเส้นใย (Crude fiber) ปริมาณเถ้า ปริมาณใยอาหาร (Dietary fiber) ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณเหล็ก ปริมาณแคลเซียม ปริมาณน้ำตาล และ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ไม่รวมใยอาหาร) โดยวิธี AOAC (2000) ปริมาณแป้ง (starch) โดยวิธี Polarimetric method ตาม มอก. 52-2516 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2516) และ ปริมาณอะมิโลส โดยวิธี Colorimetric method ตาม มอก. 638-2529 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529)

2.2 ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ

ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งฟลาวัวร์จากหัวจิ้นขนาดต่างๆ โดยศึกษาลักษณะของแป้งฟลาวัวร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) วัดค่า pH ของแป้งฟลาวัวร์ ตามวิธี มอก. 274-2521 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521) วัดค่าสีของแป้ง โดยใช้ เครื่องวัดสี (Hunter lab digital color difference meter) กำลังการพองตัว (swelling power) และการละลาย (solubility) ของแป้งฟลาวัวร์ โดยวิธีดัดแปลงของ Schoch (1964) ศึกษาสมบัติทาง Thermodynamic ของแป้งฟลาวัวร์ ด้วยวิธี Differential Scanning Calorimetry รุ่น DSC7 (Perkin Elmer, CT, USA) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งในระหว่างการทำให้อุ่นจนถึงขั้นตอนการทำให้เย็นลง ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) (Model 3D; Newport Scientific Pty., Australia) โดยวิธี AACC (1995) ออกแบบการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตาม Duncan's New Multiple Range Test ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. คำนวณปริมาณผลผลิตที่ได้

นำปริมาณของแป้งฟลาวัวร์แต่ละขนาดที่ผลิตได้ มาคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟลาวัวร์จากหัวจิ้นขนาดต่างๆ (ตารางที่ 1) พบว่า แป้งฟลาวัวร์ที่มีขนาดใหญ่มีปริมาณโปรตีน เส้นใย เถ้า น้ำตาล ใยอาหาร ฟอสฟอรัส และแคลเซียม สูงกว่าแป้งฟลาวัวร์ที่มีขนาดเล็ก แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เหล็ก สตาร์ช และอะมิโลส ต่ำกว่า แป้งฟลาวัวร์ที่มีขนาดเล็กกว่า นอกจากนี้ ยังพบว่า แป้งฟลาวัวร์จากหัวจิ้นมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง คือ 8.57-10.41% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีที่ใช้สำหรับทำขนมเค้กซึ่งมีโปรตีนอยู่ 8-9% (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) สำหรับ ปริมาณไขมัน พบว่า แป้งฟลาวัวร์มีปริมาณไขมันมากกว่า 1 % (1.43-1.62 %) โดยแป้งฟลาวัวร์ขนาด 80 เมช มีปริมาณไขมันมากที่สุด ส่วนปริมาณอะมิโลส พบว่า แป้งฟลาวัวร์จากหัวจิ้นมีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างสูง (27.45-32.75%) ใกล้เคียงกับ แป้งข้าวโพด และ แป้งสาลี ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสประมาณ 28% และมีปริมาณสูงกว่าแป้งบางชนิด เช่น แป้งข้าวเจ้า และ แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสประมาณ 17% ในขณะที่แป้งมันฝรั่งมีปริมาณอะมิโลสประมาณ 21% (Hizukuri, 1988)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟลาวัวร์จากหัวจันขนาดต่างๆ และหัวหัวจันสด*

องค์ประกอบทางเคมี**	แป้งฟลาวัวร์*		
	60 เมช	80 เมช	100 เมช
ความชื้น (%)	5.78 ^c ± 0.15	6.04 ^b ± 0.00	5.14 ^d ± 0.10
โปรตีน (%)	10.41 ^b ± 0.01	9.73 ^c ± 0.05	8.57 ^d ± 0.04
ไขมัน (%)	1.46 ^b ± 0.01	1.62 ^a ± 0.08	1.43 ^b ± 0.05
เส้นใย (Crude Fiber) (%)	4.55 ^a ± 0.04	3.66 ^b ± 0.17	2.80 ^d ± 0.03
ถั่ว (%)	9.02 ^a ± 0.01	8.92 ^b ± 0.03	7.73 ^c ± 0.01
คาร์โบไฮเดรต (%)	74.54 ^c ± 0.11	76.05 ^b ± 0.01	79.47 ^a ± 0.01
น้ำตาล (Total sugar) (%)	10.98 ^a ± 0.36	10.32 ^b ± 0.03	4.11 ^c ± 0.30
ใยอาหาร (Total dietary fiber) (%)	9.93 ^a ± 0.14	9.55 ^b ± 0.02	8.35 ^c ± 0.08
ฟอสฟอรัส (mg/100g)	0.45 ^a ± 0.01	0.40 ^a ± 0.03	0.30 ^b ± 0.02
เหล็ก (mg/100g)	5.34 ^c ± 0.01	6.85 ^b ± 0.04	8.38 ^a ± 0.05
แคลเซียม (mg/100g)	36.24 ^a ± 1.63	35.60 ^b ± 0.38	27.60 ^c ± 0.77
ปริมาณสตาร์ช (%)	65.91 ^d ± 0.00	70.41 ^c ± 0.13	73.12 ^b ± 0.03
อะมิโลส (%)	27.45 ^d ± 0.59	30.54 ^c ± 0.11	32.75 ^b ± 0.06

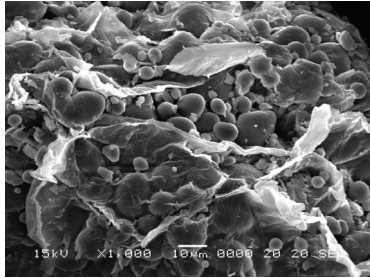
* ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวบนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

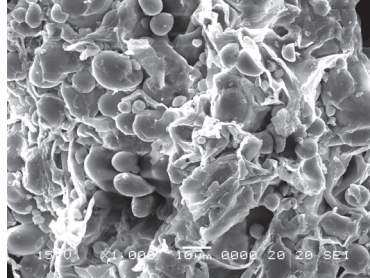
** % (โดยน้ำหนักแห้ง) ยกเว้นความชื้น

จากการนำแป้งฟลาวัวร์ขนาดต่างๆ ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน (รูปที่ 1) พบว่าแป้งฟลาวัวร์ขนาด 60 และ 80 เมช มีเม็ดสตาร์ชเกาะกันเป็นกลุ่มก้อนโดยมีผนังเซลล์ (หรือเยื่อหุ้มอะมิโลพลาสต์) เกาะปนกันอยู่เป็นกลุ่มก้อน แต่แป้งฟลาวัวร์ขนาด 100 เมช ซึ่งมีความละเอียดมากกว่า มีเม็ดสตาร์ชค่อนข้างกระจายตัวเป็นอิสระ มีการเกาะกันเป็นกลุ่มก้อนในบางส่วน มีเยื่อหุ้มอะมิโล-

พลาสต์น้อยซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 1 ที่แสดงให้เห็นว่าแป้งฟลาวัวร์ขนาด 100 เมช มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสตาร์ชสูง ในขณะที่มีปริมาณเส้นใยและใยอาหารต่ำโดยพบว่า เม็ดสตาร์ชที่สังเกตเห็นมีรูปร่างคล้ายเม็ดสตาร์ชของแป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาคุ คือ มีลักษณะกลมคล้ายไข่ที่มีรอยตัด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 5-17 ไมครอน (พาณิชย์ รุจิรพิสิฐ, 2550)



แป้งฟลาวร์ ขนาด 60 เมช



แป้งฟลาวร์ ขนาด 80 เมช



แป้งฟลาวร์ ขนาด 100 เมช

รูปที่ 1 ลักษณะของแป้งฟลาวร์ขนาด 60 80 และ 100 เมช เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน

ผลการวัดค่า pH ของแป้งฟลาวร์จากหัวจิ้นขนาดต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2 พบว่าค่า pH ของแป้งฟลาวร์ อยู่ในช่วงที่เป็นกลางค่อนข้างไปทางกรดเล็กน้อย โดยค่า pH ของแป้งฟลาวร์

ขนาด 80 เมช และ 100 เมช มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่าแป้งฟลาวร์ขนาด 60 เมช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของ แป้งฟลาวร์จากหัวจิ้นขนาด 60 80 และ 100 เมช*

ชนิดของแป้ง	ค่าความเป็นกรดต่าง*
แป้งฟลาวร์ ขนาด 60 เมช	5.66 ^a ± 0.02
แป้งฟลาวร์ ขนาด 80 เมช	5.62 ^b ± 0.00
แป้งฟลาวร์ ขนาด 100 เมช	5.62 ^b ± 0.01

* ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

และจากการนำแป้งฟลาวร์จากหัวจิ้นไปวัดค่าสี ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3 โดยเมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L*) พบว่า แป้งฟลาวร์ขนาด 100 เมช มีค่าความสว่างสูงที่สุด รองลงมา คือ แป้งฟลาวร์ขนาด 80 และ 60 เมช ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ช ในตารางที่ 1 ที่ให้ผลการทดลองไปในแนวโน้มเดียวกัน เนื่องจากสตาร์ชมีลักษณะสีขาวสว่าง ดังนั้น ถ้ามีสตาร์ชปริมาณมากก็จะส่งผลให้ค่า L* มากขึ้นด้วย

นอกจากนี้ ยังพบว่า ค่าสีเหลือง (b*) ในแป้งฟลาวร์ขนาด 60 และ 80 เมช มีค่าสูงที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่แป้งฟลาวร์ขนาด 100 เมช มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารที่ให้สีเหลืองซึ่งอาจจะเป็นสารพวกแคโรทีนอยด์จะจับอยู่กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่ใช่สตาร์ช ทำให้แป้งฟลาวร์ขนาด 100 เมช มีค่า b* ต่ำกว่าแป้งฟลาวร์ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า

ตารางที่ 3 ค่าสีของแป้งฟลาวัวร์จากแห้วจีนขนาด 60 80 และ 100 เมช^Δ

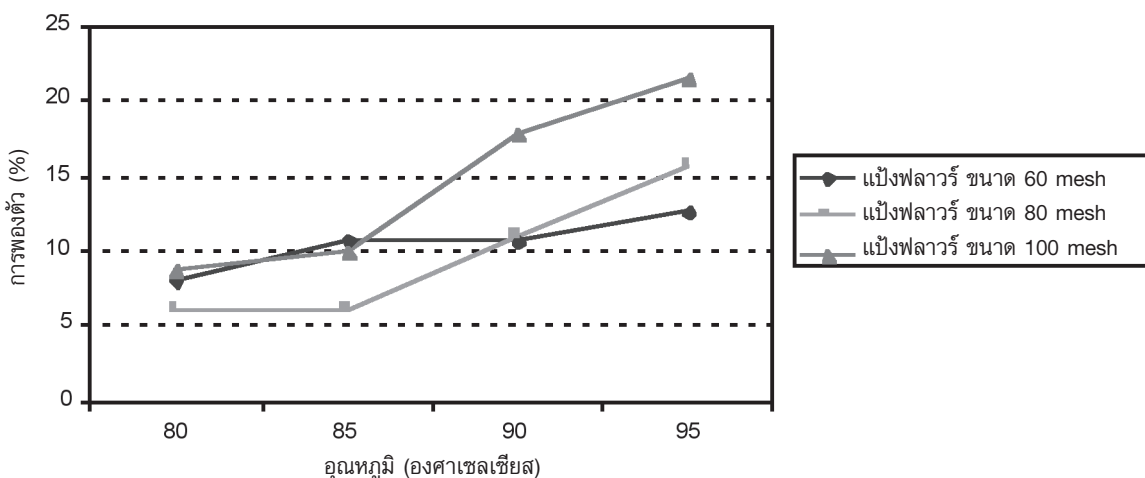
ชนิดของแป้ง	ค่าสี CIE*		
	L*	a*	b*
แป้งฟลาวัวร์ ขนาด 60 เมช	92.78 ^c ± 0.04	-1.25 ^a ± 0.02	12.79 ^a ± 0.08
แป้งฟลาวัวร์ ขนาด 80 เมช	93.37 ^b ± 0.06	-1.04 ^b ± 0.04	12.40 ^a ± 0.10
แป้งฟลาวัวร์ ขนาด 100 เมช	94.66 ^a ± 0.08	- 0.75 ^c ± 0.03	8.19 ^b ± 0.16

^Δ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

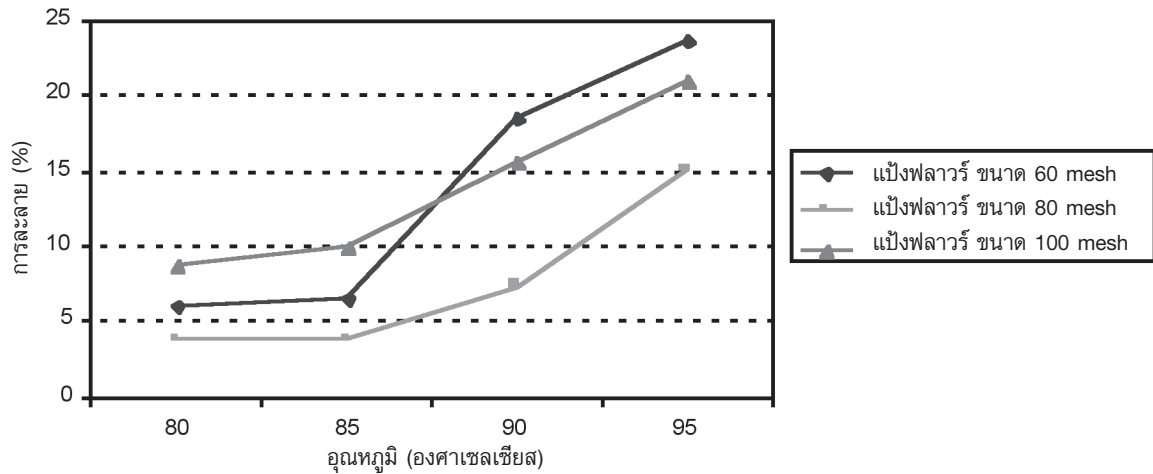
* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

จากการศึกษากำล้างการฟองตัวและการละลายน้ำของแป้งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้นเป็น 80 85 90 และ 95 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองตามรูปที่ 2 และ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกำล้างการฟองตัวและการละลายของแป้งฟลาวัวร์มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ เมื่อแป้งอยู่ในน้ำเย็นหรืออุณหภูมียังไม่สูงมากเม็ดสตาร์ชจะฟองตัวได้

อย่างจำกัด แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดสตาร์ชเกิดการฟองตัว ทำให้ค่ากำล้างการฟองตัวมีค่าสูง และส่งผลให้บางส่วนของแป้งละลายออกมาจึงทำให้ค่าการละลายของแป้งเพิ่มขึ้นด้วย (Leach, McCowenand, and Schoch, 1959)



รูปที่ 2 ค่าการฟองตัวของแป้งฟลาวัวร์จากแห้วจีนขนาด 60 80 และ 100 เมช ที่อุณหภูมิ 80 ถึง 95 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3 ค่าการละลายของเบี่ยงฟลาวร์จากแห้วจิ้นขนาด 60 80 และ 100 เมช ที่อุณหภูมิ 80 ถึง 95 องศาเซลเซียส

ผลของการศึกษาอุณหภูมิและพลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลลาติโนเซชันของเบี่ยงฟลาวร์และสตาร์ชจากแห้วจิ้น โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (ตารางที่ 5) พบว่า อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลง (T_o) อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (T_p) และอุณหภูมิสุดท้ายที่เกิดเจลลาติโนเซชัน (T_c) ของเบี่ยงฟลาวร์ขนาด 60 เมช มีอุณหภูมิสูงที่สุดในขณะที่พลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลลาติโนเซชันของ

เบี่ยงฟลาวร์ขนาด 80 และ 100 เมช ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสูงกว่าเบี่ยงฟลาวร์ขนาด 60 เมช ($p < 0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่าสตาร์ชจากแห้วจิ้น (16.14 J/g) (Panid Rujirapisit, 2005) เนื่องจากการวัดค่าพลังงานด้วยเครื่อง DSC เป็นผลมาจากองค์ประกอบในส่วนที่เป็นสตาร์ช โดยเบี่ยงฟลาวร์ที่มีสัดส่วนของสตาร์ชมากกว่า ก็จะต้องใช้พลังงานในการเกิดเจลมากกว่าด้วย

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์สมบัติทาง Thermodynamic ของเบี่ยงฟลาวร์จากแห้วจิ้นขนาด 60 80 และ 100 เมช ด้วยวิธี Differential Scanning Calorimetry (DSC)*

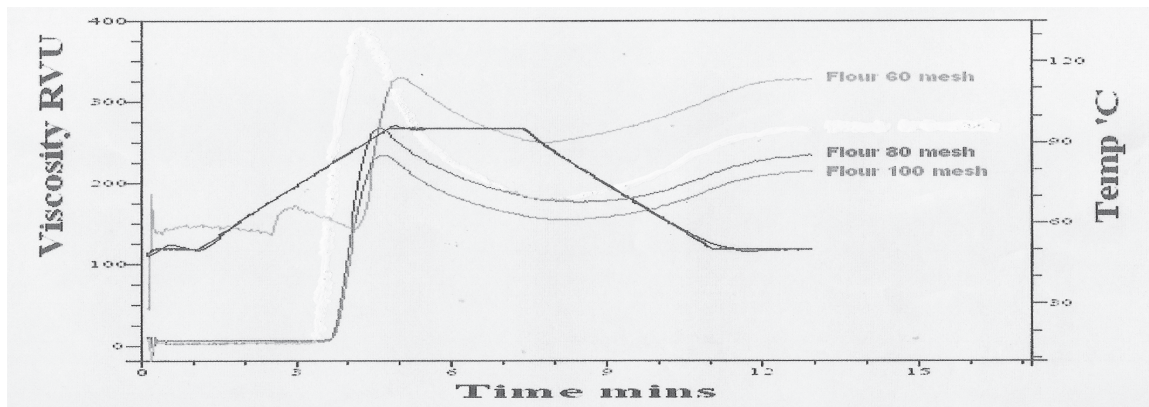
ชนิดของเบี่ยง	Onset	Peak	Conclusion	Enthalpy* (J/g)
	Temperature*	Temperature*	Temperature*	
	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	
เบี่ยงฟลาวร์ ขนาด 60 เมช	82.91 ^a ± 0.54	87.00 ^a ± 0.57	91.79 ^a ± 0.47	11.94 ^b ± 0.11
เบี่ยงฟลาวร์ ขนาด 80 เมช	82.10 ^b ± 0.37	86.10 ^b ± 0.42	90.84 ^b ± 0.60	12.17 ^a ± 0.03
เบี่ยงฟลาวร์ ขนาด 100 เมช	82.02 ^b ± 0.11	85.97 ^b ± 0.12	90.70 ^b ± 0.14	12.36 ^a ± 0.05

* ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

* อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งในระหว่างการทำให้อุ่น จนถึงขั้นตอนการทำให้เย็นลง ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) (รูปที่ 4) พบว่า อุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting Temperature) ของแป้งฟลาวัวร์ ให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงและมี

แนวโน้มเดียวกับการศึกษาโดยใช้เครื่อง DSC โดยแป้งฟลาวัวร์ขนาด 60 เมช ให้ค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) สูงที่สุด แต่ใช้เวลาในการเกิดจุดสูงสุดของความหนืด (Peak time) มากที่สุด โดยเมื่อนำแป้งฟลาวัวร์ไปทำให้ความร้อน และทิ้งไว้ให้เย็น ค่าความหนืดจะลดลงเล็กน้อย



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งที่เตรียมจากแป้งฟลาวัวร์จากแห้วจีนขนาด 60 80 และ 100 เมช ในระหว่างการทำให้อุ่น จนถึงขั้นตอนการทำให้เย็นลง ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

และเมื่อคำนวณปริมาณผลผลิตที่ได้ (yield) ของแป้งฟลาวัวร์จากแห้วจีน พบว่า ผลผลิตของแป้งฟลาวัวร์โดยรวม เท่ากับ 65.41% (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งเป็นส่วนของแป้งฟลาวัวร์ขนาด 100 เมช (47.08%) มากที่สุด รองลงมา คือ แป้งฟลาวัวร์ขนาด 80 เมช (12.24%) และ 60 เมช (6.97%) ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

แป้งฟลาวัวร์จากแห้วจีน มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง โดยแป้งฟลาวัวร์ที่มีขนาดใหญ่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งฟลาวัวร์ที่มีขนาดเล็ก และพบว่าแป้งฟลาวัวร์ขนาด 100 เมช มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ($32.75 \pm 0.06\%$) ลักษณะของแป้งฟลาวัวร์ที่

มีขนาดใหญ่จะเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อนด้วยเยื่อหุ้มอะมิโลพลาสต์มากกว่าแป้งฟลาวัวร์ขนาดเล็ก โดยแป้งฟลาวัวร์จากแห้วจีนที่ผลิตได้ มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เป็นกลางค่อนข้างน้อย ลักษณะของแป้งฟลาวัวร์มีสีเหลืองอ่อนโดยแป้งฟลาวัวร์ที่มีอนุภาคใหญ่ค่าความสว่าง (L^*) จะต่ำกว่าอนุภาคขนาดเล็ก และอุ้มน้ำได้ดีกว่า และการละลายน้ำและการพองตัวของแป้งฟลาวัวร์จะมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยแป้งฟลาวัวร์ที่มีองค์ประกอบของแป้งมากกว่าจะใช้พลังงานในการเกิดเจลาคีโนเซชันมากกว่า และแป้งฟลาวัวร์ขนาด 60 เมช จะให้ค่าความหนืดสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีต้องขอกราบ
ขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ให้เงินทุน
สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ
หน่วยปฏิบัติการแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและ
เทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ปรึกษางานวิจัยที่กรุณา
อุทิศเวลาให้คำปรึกษา แนะนำเป็นอย่างดีตลอดการ
ทำวิจัย

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. ศูนย์สารสนเทศ. 2549. **จาก
แห้ว...ถึงสมหวัง** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก:
<http://www.doa.go.th>.

พานิต รุจิรพิสิฐ. 2550. “องค์ประกอบทางเคมี และ
สมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ช และกาก
สตาร์ช จากแห้วจีน.” **วารสารวิชาการ-
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย** 27, 2: 162-172.
วันชัย ดันดีวิทยาพิทักษ์, บรรณาธิการ. 2545.
“แป้งแห้ว (มาไถ่ฝืน).” **นิตยสารสารคดี**
[วารสารออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://www.sarakadee.com/feature/2002/04/commerce__store.htm

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2516.
**มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์
มันสำปะหลัง**. เอกสาร มอก.ที่ 52-2516.
กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม.

_____. 2521. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แป้งมันสำปะหลัง**. เอกสาร มอก.ที่ 274-

2521. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

_____. 2529. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แป้งข้าวเจ้า**. เอกสาร มอก. ที่ 638-2529.
กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

สุภาพ แคว้อชา. 2547. **สภาพทางเศรษฐกิจของ
จังหวัดสุพรรณบุรี: ฐานข้อมูลเศรษฐกิจและ
อุตสาหกรรม** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: <http://lib.kru.ac.th>

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. **ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี**. กรุงเทพมหานคร: กราฟฟิค
แอนด์ปริ้นติ้งเซ็นเตอร์.

American Association of Cereal Chemists
(AACC). 1995. **Approved Methods**.
St. Paul, MN: AACC International.

Association of Official Analytical Chemists
(AOAC). 2000. **Official Method of
Analysis**. 15th ed. Arlington: The
Association of Official Analytical
Chemists.

Hizukuri, S. 1988. “Recent Advances in Molecular
Structure of Starch.” **Journal of the
Japanese Society of Starch Science**
31: 185.

Leach, H.W., McCowenand, L.D., and Schoch,
T.J. 1959. “Structure of the Starch
Granule I. Swelling and Solubility
Patterns of Various Starches.” **Cereal
Chemistry** 36: 534-544.

Panid Rujirapisit. 2005. “Chemical Composition
and Some Physicochemical Properties of

Chinese Water Chestnut (*Eleocharis dulcis* Trin.) Flour and Starch.” In **The 3rd Conference on Starch Technology, Bio Thailand 2005: Challenges in the 21st Century, Bangkok, Thailand: Proceeding Starch Update 2005**, pp. 207-211. Bangkok: National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development

Agency, Ministry of Science and Technology and Asian Crop Science Association.

Schoch, T.J. 1964. “Swelling Power and Solubility of Granular Starches.” In Whistler, R.L., Smith, R.J. and BeMiller, J.N., (eds.). **Methods in Carbohydrates Chemistry**, vol. IV, pp. 106-108. New York: Academic Press.



Ms. Panid Rujirapisit received her Master of Science in Food Technology from Chulalongkorn University, and Bachelor of Science in Food Science and Technology with First Class Honors from Kasetsart University. She is currently working in the School of Science, the University of the Thai Chamber of Commerce. Her main interest is in food processing and bakery technology.