

บทนำ

ซุปรเป็นอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้บริโภคเป็นอาหารเช้าหรือเป็นอาหารชุดแรกก่อนที่จะเสิร์ฟอาหารหลัก (Main course) เหมาะที่จะเป็นอาหารสำหรับผู้บริโภคทุกระดับอายุ เช่น ผู้ป่วย เด็ก และคนชรา เป็นต้น เนื่องจากซุปรเป็นอาหารที่ให้ความสะดวก รับประทานง่าย ย่อยง่าย พร้อมทั้งให้คุณค่าทางอาหารสูง ซุปรที่บริโภคโดยทั่วไปมักมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์และผักเป็นหลัก ซุปรกึ่งสำเร็จรูป หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยเนื้อสัตว์ หรือพืช เช่น เนื้อสัตว์ ธรรมชาติ ผัก ถั่ว เต้าหู้ ผสมกับเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส และอาจมีการผสมส่วนประกอบอื่น เช่น แป้ง เส้นบะหมี่ พาสต้า ผ่านกรรมวิธีทำให้แห้ง หรือใช้ส่วนประกอบที่ทำให้แห้งแล้วมาผสมกัน โดยรักษาคุณภาพและกลิ่นรสของส่วนประกอบไว้ นำมาทำให้สุกตามวิธีที่ระบุไว้ที่ฉลาก รับประทานได้ในเวลาไม่เกิน 10 นาที (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) ประเภทของซุปรสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของซุปรคือ ซุปรใส และซุปรข้น ซุปรอาจมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ เช่น หมู ไก่ ปลา และหอย เป็นต้น และส่วนผสมของผัก เช่น แครอท ข้าวโพด ถั่วลันเตา และมันฝรั่ง เป็นต้น ตัวอย่างของซุปรใส ได้แก่ คอมซอมม์ (Consomme) และบรอท (Broth) ส่วนซุปรข้นมีลักษณะข้นหนืด โดยอาจข้นหนืดด้วยเครื่องปรุงของซุปรเอง หรือข้นหนืดด้วยการปรุงแต่งด้วยครีม ไข่แดง หรือแป้ง ตัวอย่างซุปรข้น ได้แก่ พิวเรซุปร (Puree soup) ครีมซุปร (Cream soup) และซุปรข้นใส่หอยหรือปลา (Chowder) (ธนศักดิ์, 2551)

การศึกษาเพื่อพัฒนาซุปรพร้อมบริโภคและซุปรกึ่งสำเร็จรูปนั้น ส่วนใหญ่จะพัฒนาซุปรให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น โดยมีการเติมสารประกอบหรือผลิตจากส่วนผสมที่มีผลในเชิงสุขภาพ เช่น การเติมวิตามินและแร่ธาตุ เครื่องเทศ สมุนไพร ธรรมชาติ และผักชนิดต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพและต้องการความสะดวกในการบริโภคมากขึ้น มูลนิธิสถาบันวิจัยและการพัฒนาผู้สูงอายุไทย (2551) ได้รายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทยปี พ.ศ. 2550 ว่าจำนวนประชากรผู้สูงอายุไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2550 จำนวนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมีประมาณ 7 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 10.7 ของจำนวนประชากรทั้งหมด ดังนั้นจากสถานการณ์นี้ส่งผลให้ประเทศไทยก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ซึ่งมีสัดส่วนของผู้สูงอายุเพศหญิงมากกว่าเพศชายโดยมีสัดส่วนเพศหญิงต่อเพศชายร้อยละ 55:45 และสามารถจำแนกตามกลุ่มอายุได้เป็น วัยต้น (60-69 ปี) ร้อยละ 58.8 วัยกลาง (70-79 ปี) ร้อยละ 31.7 และวัยปลาย (80 ปีขึ้นไป) ร้อยละ 9.5 ของจำนวนประชากรผู้สูงอายุทั้งหมด (มูลนิธิสถาบันวิจัยและการพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2551) การศึกษาภาวะโภชนาการและความต้องการสารอาหารในคนสูงอายุจึงมีความสำคัญเพิ่มขึ้น ผู้สูงอายุต้องการสารอาหารเพื่อซ่อมแซมร่างกายส่วนที่สึกหรอ ปริมาณอาหารที่บริโภคควรลดลงแต่เน้นในเรื่องคุณภาพ

ศิริลักษณ์ (2544) ได้กล่าวไว้ว่าอาหารสำหรับผู้สูงอายุควรทำให้ย่อยง่ายที่สุด ไม่ควรรับประทานอาหารที่เป็นก้อนมากนัก ผู้สูงอายุมักเบื่ออาหารง่าย ดังนั้นควรรับประทานอาหารร้อนๆ เช่น ซุปร หรือแกงจืดจะช่วยกระตุ้นระบบการย่อยดีขึ้น อาหารไม่ควรมีรสจัด ไม่ควรใส่เครื่องเทศหรือผงชูรสมากเกินไป จากการสำรวจข้อมูลการบริโภคอาหารในกลุ่มผู้ที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปต่อการบริโภคพืชหัว ได้แก่ มันเทศ มันฝรั่ง เผือก

มันสำปะหลัง และมันแกว พบว่าร้อยละของผู้ที่บริโภคคือ 46.1, 2.3, 6.8, 14.5 และ 20.3 ตามลำดับ (สำนักมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ, 2549) จะเห็นได้ว่ามันเทศเป็นพืชหัวที่ผู้สูงอายุบริโภคมากที่สุด

มันเทศเป็นพืชอาหารของมนุษย์และสัตว์ ปลูกได้ง่าย ได้ผลเร็ว และมีผลผลิตสูง สามารถปลูกได้ทุกภาคในประเทศไทย เป็นส่วนของรากที่มีประโยชน์และมีคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังมีโปรตีน เส้นใยอาหาร วิตามิน แร่ธาตุ (มาลินี และคณะ, 2542) และสารประกอบที่ช่วยเสริมสุขภาพหลายชนิด โดยเฉพาะวิตามินซี แคโรทีน และแอนโทไซยานิน สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรง แต่การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารยังมีจำกัด ทั้งที่มันเทศมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด จะเห็นได้จากนักวิจัยในประเทศต่างๆ เช่น ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน ในจีเรีย อินเดีย เกาหลี มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ สหรัฐอเมริกา และแคนาดา ให้ความสนใจในการศึกษาวิจัยทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการของมันเทศ สมบัติของแป้งจากมันเทศ รวมถึงการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด มันเทศจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา ส่วนประเทศไทยการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมันเทศและการนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมอาหารยังมีน้อย การวิจัยและพัฒนาวิธีการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากมันเทศ เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนมันเทศกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคสูงอายุต่อการพัฒนาชุมชนมันเทศกึ่งสำเร็จรูป
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบมันเทศพันธุ์ที่มีเนื้อสีต่างกัน
3. เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตชุมชนมันเทศกึ่งสำเร็จรูป
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อชุมชนมันเทศกึ่งสำเร็จรูปและชุมชนมันเทศพร้อมบริโภค

วิธีการ

1. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูป

ทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูปกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้แบบสอบถาม สํารวจแบบสุ่มผู้บริโภคมียุ่ตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 100 คน เพื่อประเมินหาคุณลักษณะของซูปกึ่งสำเร็จรูปที่ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ต้องการ

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของมันเทศสด

นำมันเทศที่มีเนื้อสีต่างกันจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มันต่อเผือก จากอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พันธุ์มันเกษตร จากอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี พันธุ์มันไข่และพันธุ์แม่โจ้ จากอำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ วัดค่าสีระบบ CIELAB โดยวัดค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ hue angle ของเนื้อมันเทศ ใช้เครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500 d (Minolta, ประเทศญี่ปุ่น)

2.2 คุณภาพทางเคมี

2.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในมันเทศโดยประมาณ โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เส้นใยหยาบ เถ้า โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) วิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี Somogyi-Nelson ใช้วิธีการจาก Fournier (2005)

2.2.2 วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase activity; PPO) โดยใช้แคเทคคอล (Catechol) เป็นสับสเตรท [หน่วยกิจกรรมของเอนไซม์ (PPO activity Unit) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดเอนไซม์ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ในอัตรา 0.001 ต่อ นาที] คัดแปลงวิธีจากวิธีการของ Ma *et al.* (1992)

2.2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีการของ Singleton *et al.* (1999)

2.2.4 ปริมาณแคโรทีนทั้งหมด โดยวิเคราะห์หาปริมาณ yellow pigment ตามวิธี AACC method 14-50 (AACC, 2000)

2.2.5 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด โดยวิธี pH Differential ตามวิธีการของ Lee *et al.* (2005)

2.2.6 ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ทดสอบการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) คัดแปลงวิธีจาก Kim *et al.* (2002) และวิธี ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) คัดแปลงวิธีจาก Re *et al.* (1999)

3. ศึกษาผลของวิธีการแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรักชันและการทำแห้งโดยใช้ลูกกลิ้งร้อนต่อคุณภาพของฟลาวมันเทศ

3.1 การเตรียมวัตถุดิบฟลาวมันเทศและการวิเคราะห์คุณภาพ

นำหัวมันเทศสดจำนวน 2 พันธุ์ที่ได้จากการเลือกในข้อที่ 2 มาศึกษาเพื่อพัฒนาเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับผลิตซูปมันเทศ โดยทำการปอกเปลือกมันเทศ แล้วสไลด์ให้เป็นชิ้นบางๆ ด้วยเครื่องสไลด์ แช่แผ่นมันเทศในสารละลายโบตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้นร้อยละ 0.3 นาน 5 นาที ตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำ วางเรียงชิ้นมันเทศถาดอบ แล้วนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5-8 ชั่วโมง (ขึ้นกับความชื้นของชิ้นมันเทศเริ่มต้น) จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 6.5 ± 0.5 นำแผ่นมันเทศอบแห้งที่ได้ไปบดละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อน 100 เมช มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1.1 คุณภาพทางกายภาพ วัดค่าสีระบบ CIELAB โดยวัดค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ hue angle ของฟลาวมันเทศ ใช้เครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) วัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water absorption index, WAI) และค่าความสามารถในการละลาย (water solubility index, WSI) ตามวิธีการของ Anderson *et al.* (1969) โดยวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ

3.1.2 คุณภาพทางเคมี วิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

- 1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu ใช้วิธีการจาก Singleton *et al.* (1999)
- 2) ปริมาณแคโรทีนทั้งหมด โดยวิเคราะห์หาปริมาณ yellow pigment ตามวิธี AACC method 14-50 (AACC, 2000)
- 3) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด โดยวิธี pH Differential ใช้วิธีการจาก Lee *et al.* (2005)
- 4) ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ทดสอบการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) คัดแปลงวิธีการจาก Kim *et al.* (2002) และวิธี ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) คัดแปลงวิธีการจาก Re *et al.* (1999)

3.2 ผลของวิธีการแปรรูปต่อคุณภาพของฟลาวมันเทศ

3.2.1 การแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรักชัน

นำฟลาวมันเทศที่เตรียมจากข้อ 3.1 มาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรักชัน โดยจัดตั้งทดลองแบบ 3×3 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองกลุ่มทดลอง ศึกษาปริมาณความชื้นของวัตถุดิบฟลาวมันเทศ 3 ระดับ คือร้อยละ 10, 13 และ 16 และความเร็วรอบของสกรู 3 ระดับ คือ 250, 325 และ 400 รอบต่อนาที โดยกำหนดอุณหภูมิของบาร์เรลจากส่วนที่ป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องถึงหน้าแปลนดังนี้ 30, 45, 55, 110, 120, 110 และ 100 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ร้อยละ 2.3 ขนาดรูเปิดหน้าแปลน 3 มิลลิเมตร ใบมีดจำนวน 2 ใบมีด ความเร็วใบมีด 28 Hz นำเอ็กซ์ทราคต์ที่ได้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที แล้วบดละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึก เก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 1 °C สำหรับวิเคราะห์ต่อไป

3.2.2 การแปรรูปด้วยการทำแห้งโดยใช้ลูกกลิ้งร้อน

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งโดยใช้ลูกกลิ้งร้อน โดยนำฟลาวมันเทศที่เตรียมจากข้อ 3.1 มาผสมน้ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 นำไปตั้งไฟให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปทำแห้งด้วยลูกกลิ้งร้อนทรงกระบอก โดยศึกษาผลของอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยวางแผนแบบสุ่มตลอด ศึกษาอุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส กำหนดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งที่ 0.15 มิลลิเมตร ความเร็วรอบในการหมุนลูกกลิ้ง 0.87 รอบต่อนาที นำแผ่นฟลาวมันเทศแห้งไปบดละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุในถุงพลาสติก ปิดผนึกเก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 1 °C สำหรับวิเคราะห์ต่อไป

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพของฟลาวมันเทศที่ผ่านกระบวนการแปรรูป

นำเอ็กส์ทราคต์และฟลาวมันเทศที่ผ่านกระบวนการเอ็กส์ทราคชันและที่ฟลาวผ่านกระบวนการทำแห้งโดยลูกกลิ้งร้อนมาวิเคราะห์ คุณภาพดังนี้

3.3.1 คุณภาพทางกายภาพ วัดอัตราการพองตัวของเอ็กส์ทราคต์ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามแนวภาคตัดขวางของเอ็กส์ทราคต์ แล้วนำไปคำนวณหาอัตราการพองตัวโดยหารด้วยขนาดรูเปิดหน้าแปลนของเครื่องเอ็กส์ทราคเตอร์ วัดจำนวน 10 ซ้ำ วัดค่าความหนาแน่นของเอ็กส์ทราคต์ด้วยวิธีการแทนที่ตามวิธีการของ Breen และคณะ (1977) สำหรับฟลาวมันเทศนำมาวัดค่าสีระบบ CIELAB โดยวัดค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ hue angle โดยใช้เครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) รุ่น 4D บริษัท Scientific Newport, ประเทศออสเตรเลีย วัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความสามารถในการละลาย ตามวิธีการของ Anderson *et al.* (1969) โดยวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ

3.3.2 คุณภาพทางเคมี นำฟลาวมันเทศที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

- 1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu ใช้วิธีการจาก Singleton *et al.* (1999)
- 2) ปริมาณแคโรทีนทั้งหมด โดยวิเคราะห์หาปริมาณ yellow pigment ตามวิธี AACC method 14-50 (AACC, 2000)
- 3) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด โดยวิธี pH Differential ใช้วิธีการจาก Lee *et al.* (2005)
- 4) ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ทดสอบการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ดัดแปลงวิธีการจาก Kim *et al.* (2002) และวิธี ABTS (2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ดัดแปลงวิธีการจาก Re *et al.* (1999)

นำข้อมูลผลการวิเคราะห์ไปสร้างสมการถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS แล้วนำสมการที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองโดยใช้เทคนิค RSM หาพื้นที่ที่เหมาะสม โดยพิจารณาค่าคุณภาพที่ได้เพื่อคัดเลือกสภาวะการผลิตที่เหมาะสมต่อไป

4. การพัฒนาสูตรซุปล้มเทศกึ่งสำเร็จรูป

4.1 การศึกษาปริมาณฟลาวมันเทศและปริมาณน้ำที่มีผลต่อคุณภาพของซูป

จัดสิ่งทดลองแบบ 3x2 แฟกทอเรียล ในแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณฟลาวมันเทศในอัตราส่วนของฟลาวมันเทศต่อส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งกำหนดให้คงที่ (ได้แก่ น้ำตาลทราย เกลือ นมผง โปรตีนถั่วเหลือง และครีมเทียม) 3 ระดับ คือ 50:40, 60:40 และ 70:40 และปริมาณน้ำ (น้ำอุณหภูมิ 70-80°C) ในการละลายผงซูปเพื่อเตรียมเป็นซูปพร้อมบริโภค 2 ระดับ คือ ที่อัตราส่วน 4 และ 5 เท่าของปริมาณซูปผง นำซูปที่เตรียมได้ไปวัดค่าความหนืดของซูปด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (DV-III) และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9-points hedonic scale) ในคุณลักษณะด้าน กลิ่นมันเทศ กลิ่นรสมันเทศ รสชาติโดยรวม ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม ประเมินโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน จากนั้นวิเคราะห์ผลและพิจารณาเลือกอัตราส่วนของฟลาวมันเทศและปริมาณน้ำในสูตรที่เหมาะสม

4.2 การศึกษาปริมาณนมผงและครีมเทียมที่มีผลต่อคุณภาพของซูป

จากสูตรซูปซึ่งมีอัตราส่วนของฟลาวมันเทศและปริมาณน้ำที่เหมาะสมจากข้อ 4.1 นำมาศึกษาปริมาณสัดส่วนของนมผงและครีมเทียมเพื่อปรับปรุงกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของซูป ขณะเดียวกันเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนในสูตรซูป จัดสิ่งทดลองแบบ 2x3 แฟกทอเรียล ในแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนฟลาวมันเทศ 2 ระดับ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณครีมและนม 3 ระดับต่อคุณภาพซูปจากฟลาวมันเทศทั้งสองพันธุ์ นำซูปที่เตรียมได้ไปวัดค่าความหนืดของซูปเช่นเดียวกับข้อ 4.1 ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9-points hedonic scale) ในคุณลักษณะด้าน กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสมันเทศ รสเค็ม ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม และประเมินความพอดีของปัจจัยคุณภาพ โดยวิธี Just about right scale (JAR) กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมที่สุด

5. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้ว

ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้จากข้อ 4 นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และ เส้นใยหยาบ วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบมันเทศในข้อ 2 และวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัด a_w รุ่น series 3 TE ยี่ห้อ AquaLab บริษัท Decagon Devices, Inc, ประเทศสหรัฐอเมริกา

6. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์ซุปล้มเทศที่พัฒนาได้ไปทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคตามสถานที่ทดสอบแบบ Central Location Test ในเขตกรุงเทพมหานคร ทำการสำรวจแบบสุ่มกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 140 คนโดยใช้แบบสอบถาม ประเมินโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะของซูปพร้อมบริโภคด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม แล้วนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยประเมินผลในค่าร้อยละของความถี่และความสัมพันธ์ระหว่างพฤติ-กรรมการบริโภคกับการให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูป

จากการสำรวจทัศนคติ พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูป โดยใช้แบบสอบถาม สํารวจความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปี ขึ้นไป จำนวน 100 คน แบ่งเป็นผู้บริโภคที่อายุ 50 ปี จำนวน 50 คน อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปจำนวน 50 คน ซึ่งอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล ในช่วงเดือนมกราคม ถึง เมษายน 2554 ได้ผลการสำรวจดังนี้

1.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคแสดงดังตารางที่ 1 ผู้บริโภคในภาพรวมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 63 และเพศชายร้อยละ 37 มีอายุอยู่ในช่วงก่อนวัยสูงอายุ (50-59 ปี) คิดเป็นร้อยละ 50 และอยู่ในวัยผู้สูงอายุ (ตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป) คิดเป็นร้อยละ 50 ส่วนใหญ่มีอาชีพรับราชการหรือเกษียณอายุ มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนส่วนใหญ่ ตั้งแต่ 10,000 บาทขึ้นไป อาศัยอยู่บ้านของตัวเองร้อยละ 89.10-91.10

1.2 ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคซูป

ผู้บริโภคทั้งสองช่วงอายุส่วนใหญ่เตรียมอาหารด้วยตัวเอง รองมาคือซื้ออาหารมารับประทาน อาหารที่รับประทานส่วนใหญ่เป็นอาหารที่ปรุงสุกใหม่ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ชอบรับประทานซูป ผู้บริโภคที่อายุ 50-59 ปี และ 60 ปีขึ้นไปชอบรับประทานซูปคิดเป็นร้อยละ 44.4 และ 47.3 ตามลำดับความถี่ในการรับประทานซูปส่วนใหญ่คือน้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ รองลงมาคือ รับประทาน 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ส่วนเวลาในการรับประทานซูปนั้นกลุ่มอายุ 50-59 ปี ส่วนใหญ่รับประทานในมือเย็นคิดเป็นร้อยละ 24.14 และชอบซูปแบบใสร้อยละ 52.94 ส่วนกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไปส่วนใหญ่ชอบรับประทานในมือเข้คิดเป็นร้อยละ 54.55 และชอบซูปแบบข้นหรือซูปครีมร้อยละ 61.67 ผู้บริโภคทั้งสองกลุ่มอายุเคยพบปัญหาในการรับประทานซูป ปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือมีรสเค็ม และมันครีมมากเกินไป ผู้บริโภคทั้งสองกลุ่มประมาณร้อยละ 51 จะเป็นผู้ซื้อซูปมารับประทานเอง รองลงมาจะเตรียมเองหรือลูกหลานเตรียมให้ ลักษณะการซื้อส่วนใหญ่เป็นการซื้อขนาดเล็กเฉพาะรับประทานครั้งเดียว ผู้บริโภคอายุ 50-59 ปี ร้อยละ 35 เคยรับประทานซูปยี่ห้อคอนอร์ รองมาคือ ไวโน และแคมเบลล์ ตามลำดับ สำหรับผู้บริโภคอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 30.49 เคยรับประทานซูป ยี่ห้อคอนอร์ รองลงมาคือ ไวโน และบรูก ตามลำดับ รูปแบบของซูปที่ผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่มเลือกซื้อหรือชอบรับประทานคือซูปผงกึ่งสำเร็จรูปแบบเติมนํ้าร้อน รองลงมาคือ ซูปสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลการสำรวจผู้บริโภคทางด้านประชากรศาสตร์

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์		ปริมาณ (ร้อยละ) /กลุ่มอายุ	
		50-59 ปี	60 ปี ขึ้นไป
เพศ	ชาย	33.30	40.00
	หญิง	66.70	60.00
อายุ	50-59 ปี	100	
	60-69 ปี		69.10
	70-79 ปี		25.45
	80 ปีขึ้นไป		5.45
สถานภาพการทำงาน	ข้าราชการ/เกษียณอายุ	37.80	32.70
	ธุรกิจส่วนตัว	26.70	23.60
	พนักงานเอกชน	11.10	5.50
	เกษตรกร	0	1.80
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	20.00	25.50
	อื่นๆ	4.40	10.90
การศึกษาสูงสุด	ประถมศึกษา	4.44	29.10
	มัธยมต้น	0	14.50
	มัธยมปลาย/ปวช.	11.11	12.70
	อนุปริญญา/ปวส.	20.00	5.50
	ปริญญาตรี	44.44	30.90
	ปริญญาโท	20.00	7.30
รายได้เฉลี่ยของท่านต่อเดือน	ต่ำกว่า 5,000 บาท	6.70	25.50
	5,000 – 10,000 บาท	13.30	12.70
	10,001 – 20,000 บาท	22.20	30.90
	20,001 – 30,000 บาท	22.20	16.40
	30,000 บาทขึ้นไป	35.60	14.50
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านของตัวเอง	91.10	89.10
	อาศัยอยู่กับลูกหลาน/ญาติ	8.90	10.90
	บ้านพักคนชรา/สถานสงเคราะห์	0	0

ตารางที่ 2 ทักษะและพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภค

ทักษะและพฤติกรรมการบริโภค	ปริมาณ (ร้อยละ)	
	50-59 ปี	60 ปี ขึ้นไป
ปัจจุบันใครเป็นผู้เตรียมอาหารให้ท่านรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
เตรียมด้วยตัวเอง	48.48	38.36
ลูกหลานเตรียมให้	6.06	19.18
แม่บ้าน/ลูกจ้างเตรียม	16.67	19.18
ซื้ออาหารมารับประทาน	28.79	21.92
อื่นๆ	0	1.37
โดยปกติท่านรับประทานอาหารในรูปแบบใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
อาหารที่ปรุงสุกใหม่	60.81	69.74
อาหารแปรรูปสำเร็จรูป	20.27	17.10
อาหารแปรรูปพร้อมบริโภค	18.92	13.16
ท่านชอบรับประทานสุกหรือไม่		
ชอบ	44.40	47.30
ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	51.10	52.70
ไม่ชอบ	4.40	0
ท่านรับประทานสุกบ่อยแค่ไหน		
ทุกวัน	0	9.10
มากกว่า 4 ครั้งต่อสัปดาห์	4.40	1.80
3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	6.70	3.60
1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	31.10	30.90
น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์	55.60	49.10
อื่นๆ (นานๆครั้ง)	2.20	5.50
ท่านรับประทานสุกในช่วงเวลาใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
มื้อเช้า	6.90	54.55
ระหว่างมื้อเช้าและกลางวัน	10.34	9.09
มื้อกลางวัน	6.90	12.12
ระหว่างมื้อกลางวันและมื้อเย็น	10.34	3.03
มื้อเย็น	24.14	16.67
ระหว่างมื้อเย็นและก่อนนอน	6.90	4.55

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคชุป		ปริมาณ (ร้อยละ)	
		50-59 ปี	60 ปี ขึ้นไป
ประเภทของชุปที่ท่านชอบรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)			
	ชุปใส	52.94	38.33
	ชุปชั้น/ชุปครีม	47.06	61.67
ท่านเคยพบปัญหาในการรับประทานชุปหรือไม่			
	เคยพบ	68.90	45.50
	ไม่เคยพบ	31.10	54.50
ถ้าเคยพบ กรุณาระบุปัญหาที่ท่านพบ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)			
	รสหวานเกินไป	8.62	12.20
	รสเค็มเกินไป	25.86	34.15
	มันครีมมากเกินไป	25.86	14.63
	เนื้อสัมผัสหยาบเกินไป	3.45	7.32
	เนื้อสัมผัสละเอียดเกินไป	1.72	4.88
	ขึ้นเกินไป	5.17	12.20
	เหลวเกินไป	6.90	9.76
	กลิ่นไม่ดี (เช่น อับ หืน)	17.24	4.88
	อื่นๆ (ไม่อร่อย, ใส่สารกันเสีย)	5.17	0
ท่านซื้อชุปรับประทานเองหรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)			
	ซื้อเอง	50.94	50.79
	ไม่ได้ซื้อเอง	24.53	22.22
	ทำรับประทานเอง/ลูกหลานทำให้	24.53	26.98
ลักษณะการซื้อและการบริโภคชุป			
	ซื้อขนาดเล็กเฉพาะรับประทานครั้งเดียว	77.80	60.00
	ซื้อขนาดใหญ่รับประทานหลายๆ ครั้ง	8.90	14.50
	อื่นๆ (ทำรับประทานเอง)	13.30	25.50
- ชุปที่ผลิตในประเทศ	คนอร์	35.00	30.49
	ไวโน	18.75	18.29
	มาลี	2.50	2.44
	ควิกเชฟ	5.00	2.44

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคสุขภาพ		ปริมาณ (ร้อยละ)	
		50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป
ยี่ห้อของสุขภาพที่ท่านเลือกซื้อหรือคนอื่นซื้อมาให้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)			
- สุขภาพที่นำเข้าจาก ต่างประเทศ	นิวทริสุขภาพ	5.00	6.10
	เลดี้แอนนา	0	1.22
	เทสโก้	1.25	7.32
	อื่นๆ (ซื้อจากห้าง หรือ ร้านอาหาร)	2.50	6.10
	บรูก	3.75	9.76
	โปรเกรสโซ	5.00	4.88
	อีราสโก้	2.50	0
	ลีโก้	2.50	3.66
	คอนดิเนนทอล	0	0
	พอกก้า	1.25	0
	แคมเบลล์	11.25	6.10
	โอทาโกะ	2.50	1.22
	อื่นๆ (ซื้อมาจากจีน)	1.25	0
รูปแบบของสุขภาพที่ท่านเลือกซื้อ หรือ ชอบรับประทาน			
	สุขภาพสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน	24.40	38.20
	สุขภาพผงสำเร็จรูปแบบเติมน้ำร้อน	53.30	40.00
	สุขภาพผงสำเร็จรูปแบบเติมน้ำแล้วดื่มเดี๋ยวนั้น	17.80	21.80
	อื่นๆ	4.40	0

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อหรือการบริโภคสุขภาพของผู้บริโภค แสดงในตารางที่ 3 ผลการสำรวจโดยรวม พบว่าทั้งกลุ่มอายุ 50-59 ปี และอายุ 60 ปีขึ้นไปให้ความสำคัญในปัจจัยการเลือกซื้อหรือบริโภคสุขภาพที่ใกล้เคียงกันโดยมีปัจจัยสำคัญ 3 อันดับแรกเหมือนกันคือ รสชาติอร่อยถูกปาก มีคุณค่าทางโภชนาการ และสามารถเตรียมรับประทานได้ง่าย สำหรับการมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ ภาชนะบรรจุที่สวยงาม และการโฆษณาและส่งเสริมการขายเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคเห็นว่ามีความสำคัญต่อการเลือกซื้อหรือบริโภคสุขภาพอยู่ในระดับสำคัญน้อยถึงสำคัญปานกลาง

ตารางที่ 3 ความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อหรือการบริโภคสุขภาพ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อหรือการบริโภคสุขภาพ	ค่าเฉลี่ยของระดับความสำคัญ*	
	50-59 ปี	60 ปี ขึ้นไป
มีรสชาติอร่อยถูกปาก	4.36	4.18
มีกลิ่นหอมน่ารับประทาน	4.11	3.95
มีสีสัณฐานน่ารับประทาน	3.31	3.18
มีคุณค่าทางโภชนาการ	4.29	4.11
มีปริมาณโซเดียมต่ำ	3.58	3.36
มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์	3.04	2.73
มีส่วนผสมของผัก	3.98	3.80
สามารถเตรียมรับประทานได้ง่าย	4.11	4.13
บรรจุในภาชนะที่สวยงามสะอาดตา	2.98	2.96
ภาพลักษณ์ของตราสินค้า/ยี่ห้อ ที่น่าเชื่อถือ	3.49	3.40
ราคาเหมาะสม	3.98	4.07
สามารถหาซื้อได้ง่าย	3.91	4.04
การโฆษณาและส่งเสริมการขาย	3.07	2.95

หมายเหตุ * 1 = สำคัญน้อยที่สุด, 2 = สำคัญน้อย, 3 = สำคัญปานกลาง, 4 = สำคัญมาก, 5 = สำคัญมากที่สุด

1.3 ความต้องการของผู้บริโภคต่อการพัฒนาสุขภาพมันเทศกึ่งสำเร็จรูป

จากแนวคิดที่ถามผู้บริโภคว่า “หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพมันเทศกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ โดยผลิตจากมันเทศผงที่ผ่านการทำให้สุกแล้ว ซึ่งมีสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันผสมกับผักอบแห้งและส่วนผสมที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน วิตามิน แคลเซียม เป็นสุขภาพกึ่งสำเร็จรูปที่เตรียมง่าย สามารถรับประทานได้สะดวกเพียงแค่เติมน้ำร้อนหรือเข้าเตาไมโครเวฟ 1-2 นาที “ท่านเห็นด้วยกับแนวคิดนี้หรือไม่” ผลการสำรวจโดยรวมพบว่า ผู้บริโภคเห็นด้วยกับแนวคิดนี้มากถึงร้อยละ 94.50-97.80 ด้วยความเห็นที่ว่าเป็นสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการ สะดวกในการเตรียมและเหมาะกับสุขภาพของผู้สูงอายุ ส่วนที่ไม่เห็นด้วย (ร้อยละ 2.20-5.50) ให้ความเห็นเพราะชอบรับประทานสุขภาพจากเนื้อสัตว์มากกว่า และไม่ชอบอาหารที่ต้องเข้าเตาไมโครเวฟ

ส่วนแนวทางในการพัฒนาสุขภาพกึ่งสำเร็จรูปจากมันเทศนั้น ผลการสำรวจความต้องการในการพัฒนาระหว่างกลุ่มอายุ 50-59 ปีและตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป พบว่าผู้บริโภคมีความต้องการที่เหมือนกันดังแสดงในตารางที่ 4 คือ ต้องการให้มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในด้านใยอาหารมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 27.10 และ 33.33 รองลงมาคือโปรตีนร้อยละ 24.30 และ 26.50 สารต้านออกซิเดชันร้อยละ 23.36 และ 17.95 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะของสุขภาพส่วนใหญ่ต้องการให้เป็นผงละเอียดมีผักให้เห็นเป็นชิ้นเล็กๆร้อยละ 46.70 และ 49.10

เนื้อสัมผัสของซูปเมื่อรับประทานผู้บริโภครส่วนใหญ่ต้องการให้มีลักษณะชิ้นปานกลางแบบขยี้ด้วยคีมได้ร้อยละ 46.70 และ 40.00 ตามลำดับ ส่วนกลิ่นรสของซูป ผู้บริโภครส่วนใหญ่ชอบกลิ่นรสชนิดหวาน ในกลุ่มอายุ 50-59 ปี ชอบกลิ่นรสตั๋มยำเท่ากับกลิ่นรสหมูร้อยละ 22.20 ส่วนกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป ชอบกลิ่นรสตั๋มยำร้อยละ 30.90 รองลงมาคือกลิ่นรสหมูร้อยละ 14.50 และมีผู้บริโภครทั้งสองกลุ่มอายุร้อยละ 9-13 ที่ไม่ต้องการให้เติมแต่งกลิ่นรส ให้คงกลิ่นรสธรรมชาติของมันเทศ

ตารางที่ 4 ปริมาณความต้องการของผู้บริโภครที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศกึ่งสำเร็จรูป

ความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศกึ่งสำเร็จรูป		ปริมาตร (ร้อยละ)	
		50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป
แนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (สำหรับผู้สูงอายุ)			
เห็นด้วย		97.80	94.50
ไม่เห็นด้วย		2.20	5.50
ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศกึ่งสำเร็จรูป (สำหรับผู้สูงอายุ) มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในด้านใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)			
	โปรตีน เช่น นมผง โปรตีนถั่วเหลือง	24.30	26.50
	ใยอาหาร เช่น เดิมผัก	27.10	33.33
	วิตามิน	12.15	9.40
	แร่ธาตุ	10.28	6.84
	สารต้านออกซิเดชัน เช่น แอนโทไซยา	23.36	17.95
	นิน แคลโรทีน และฟีนอลิก		
	คาร์โบไฮเดรต	1.87	5.13
	อื่นๆ	0.93	0.85
ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศกึ่งสำเร็จรูป (สำหรับผู้สูงอายุ) มีคุณลักษณะแบบใด			
- ด้านลักษณะปรากฏ	ผงละเอียด เนื้อเดียวกันทั้งหมด	22.20	23.60
	ผงหยาบ เนื้อเดียวกันทั้งหมด	6.70	1.80
	ผงละเอียดมีผักให้เห็นเป็นชิ้นเล็ก	46.70	49.10
	ผงหยาบ มีผักให้เห็นเป็นชิ้นเล็กๆ	24.40	25.50
- ด้านเนื้อสัมผัสเมื่อรับประทาน	เหลว	13.30	14.50
	ชิ้นเล็กน้อย	24.20	36.40
	ชิ้นปานกลาง แบบขยี้ด้วยคีมได้	46.70	40.00
	ชิ้นมาก แบบช้อนตักเท่านั้น	15.60	9.10

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นสำเร็จรูป		ปริมาณ (ร้อยละ)	
		50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป
- ด้านกลิ่นรสของชุมชน			
ชนิดหวาน	กลิ่นรสวานิลลา	4.40	9.10
	กลิ่นรสนม	6.70	9.10
	กลิ่นรสคาราเมล	4.40	3.60
	กลิ่นรสผลไม้	4.40	0
	อื่นๆ (กลิ่นรสธรรมชาติ, มันท)	13.30	9.10
ชนิดคาว	กลิ่นรสต้มยำ	22.20	30.90
	กลิ่นรสหมู	22.20	14.50
	กลิ่นรสไก่	6.70	10.90
	กลิ่นรสบาร์บีคิว	4.40	1.80
	กลิ่นรสชาวยุโรป	11.10	9.1
	อื่นๆ	0	1.80

จากผลการสำรวจในครั้งนี้สรุปได้ว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นด้วยกับแนวคิดในการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ โดยต้องการให้เพิ่มเส้นใยอาหาร โปรตีน และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ชุปผงควรมีลักษณะเป็นผงละเอียดมีกลิ่นหอมๆ เมื่อเติมน้ำร้อนแล้วมีลักษณะข้นปานกลางสามารถกวนด้วยมือได้ สำหรับกลิ่นรสนั้นถ้าเป็นชนิดหวานควรเป็นกลิ่นรสธรรมชาติของมณฑล ถ้าเป็นชนิดคาวควรมีกลิ่นรสต้มยำ ดังนั้นในการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นสำเร็จรูปจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนี้ร่วมพิจารณาเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. คุณภาพของวัตถุดิบมณฑล

มณฑลที่มีเนื้อสีแตกต่างกันจำนวน 4 สายพันธุ์ คือ มันทต่อเผือก มันทเกษตร มันทไข่ และแม่ไก่ ซึ่งเนื้อหลัง จากปอกเปลือกมีสีม่วงปนขาว สีเหลือง สีเหลืองส้ม และสีขาวปนครีม ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1 นำมาวิเคราะห์ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในเนื้อมณฑลได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5-8

มณฑลที่มีเนื้อสีต่างกันส่งผลให้ค่าสีที่วัดได้แตกต่างกัน พันธุ์แม่ไก่มีค่าความสว่างสูงสุด ขณะที่พันธุ์มันทต่อเผือกมีค่าความสว่างต่ำที่สุด มันทต่อเผือกมีค่าแสดงความเป็นสีแดง (a^*) มากที่สุด รองมาคือ มันทไข่ ส่วนมณฑลเกษตรมีค่าแสดงความเป็นสีเหลือง (b^*) มากที่สุด รองมาคือมันทไข่ และแม่ไก่ ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าสีหลัก (hue) ที่วัดได้



ภาพที่ 1 มันเทศพันธุ์ (ก) มันต่อเผือก (ข) มันเกษตร (ค) มันไข่ และ (ง) แม่โจ้

ตารางที่ 5 คุณภาพด้านสีของเนื้อมันเทศ

พันธุ์	สีเนื้อ	L*	a*	b*	C*	Hue (องศา)
มันต่อเผือก	ม่วง-ขาว	46.61 ± 3.87	22.36 ± 1.09	-0.54 ± 2.45	22.48 ± 1.06	238.80 ± 180.79
มันเกษตร	เหลือง	84.21 ± 0.92	1.75 ± 0.49	32.89 ± 1.32	32.94 ± 1.34	86.97 ± 0.77
มันไข่	ส้ม-เหลือง	79.92 ± 3.41	10.84 ± 2.81	29.91 ± 1.78	31.92 ± 1.77	70.09 ± 5.00
แม่โจ้	ขาว-ครีม	87.71 ± 0.65	-1.06 ± 0.27	14.07 ± 1.32	14.11 ± 1.32	94.34 ± 1.19

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเทศ

พันธุ์	ปริมาณ (กรัม) ต่อน้ำหนักน้ำมันเทศ 100 กรัมโดยน้ำหนักเปียก						
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใยหยาบ	เถา	คาร์โบไฮเดรต	น้ำตาลรีดิวซ์
มันต่อเผือก	63.06±0.24	1.67±0.03 (4.51±0.08)	0.27±0.00 (0.72±0.00)	1.07±0.06 (2.89±0.17)	0.72±0.08 (1.95±0.23)	33.34 ±0.45 (89.96±0.47)	0.76±0.04 (2.06±0.10)
มันเกษตร	72.4±0.11	1.15±0.07 (4.16±0.26)	0.20±0.01 (0.73±0.03)	0.92±0.03 (3.33±0.12)	0.73±0.02 (2.65±0.08)	24.62±0.17 (89.14±0.20)	1.72±0.07 (6.25±0.25)
มันไข่	79.11±0.15	0.51±0.02 (2.45±0.11)	0.15±0.03 (0.71±0.15)	0.82±0.09 (3.94±0.43)	0.71±0.01 (3.40±0.03)	18.72±0.22 (89.52±0.50)	2.02±0.13 (9.68±0.60)
แม่โจ้	65.94±0.10	0.9±0.03 (2.65±0.08)	0.28±0.01 (0.81±0.04)	0.88±0.08 (2.58±0.23)	0.70±0.07 (2.06±0.20)	31.30±0.12 (91.90±0.06)	0.03±0.01 (0.09±0.04)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือ ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี พบว่าน้ำมันเทศมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 63 - 79 องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตมากถึงร้อยละ 89 - 92 โดยน้ำหนักแห้ง โดยพันธุ์แม่โจ้มีปริมาณสูงที่สุด ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.51 - 1.67 โดยน้ำหนักเปียกหรือ 2.45 - 4.51 โดยน้ำหนักแห้ง โดยที่มันต่อเผือกและมันเกษตรมีปริมาณโปรตีนมากกว่ามันไข่และแม่โจ้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์กับรายงานของสุภารัตน์ และคณะ (2535) ซึ่งวิเคราะห์ในมันเทศจำนวน 34 พันธุ์พบว่าปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 3.19 - 12.06 โดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่รายงานของ Ravindran et al. (1995) ทำการวิเคราะห์ในมันเทศ 16 พันธุ์ พบปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 2.95 - 7.19 โดยน้ำหนักแห้งและ Chen et al. (2003) ซึ่งวิเคราะห์ในมันเทศ 3 พันธุ์ พบโปรตีนประมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแห้ง มันเทศมีปริมาณไขมันน้อยมากไม่ถึงร้อยละ 1 สำหรับเส้นใยหยาบพบอยู่ในช่วงร้อยละ 2.58 - 3.94 และเถาอยู่ในช่วงร้อยละ 1.94 - 3.40 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งได้ผลใกล้เคียงกับรายงานของนักวิจัยอื่นๆที่เสนอไว้ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์คืออยู่ในช่วงร้อยละ 0.03 - 2.02 โดยน้ำหนักเปียก หรือ 0.09 - 9.68 โดยน้ำหนักแห้ง โดยที่พันธุ์มันไข่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด และพันธุ์แม่โจ้มีน้อยที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับรสหวานของน้ำมันเทศต้มสุกเมื่อรับประทาน และปริมาณที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับรายงานวิจัยของสุภารัตน์ และคณะ (2535) โดยรายงานค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 5.00 - 9.63 โดยน้ำหนักแห้ง ผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับรายงานของ Zhang et al. (2002) ที่พบว่าน้ำตาลมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ และในระหว่างการเก็บรักษาอาจมีกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทส ส่งผลให้น้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นได้ (Huang et al., 1999) เมื่อวัดกิจกรรมของเอนไซม์ฟอสฟิโนลออกซิเดส สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลของผักผลไม้ พบว่าพันธุ์แม่โจ้มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุดคือ 115,459 ยูนิต/นาทิก/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างทางสถิติกับมันต่อเผือกและมันเกษตร ส่วนมันไข่มีกิจกรรมของเอนไซม์น้อยที่สุดคือ 104,336 ยูนิต/นาทิก/กรัมน้ำหนักแห้ง

ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตลักษณะปรากฏเมื่อมีการปอกเปลือกและหั่นเนื้อมันเทศทิ้งไว้ พบว่าพันธุ์มันไข่ มีการเกิดขึ้นของสีน้ำตาลเร็วกว่าพันธุ์อื่น จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน แคโรทีน และความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH และ ABTS ได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ในมันเทศ

พันธุ์	กิจกรรมของ PPO (ยูนิต/นาที/กรัมน้ำหนักแห้ง)
มันต่อเผือก	112,934 $\pm$ 3374 ^a
มันเกษตร	112,109 $\pm$ 2505 ^a
มันไข่	104,336 $\pm$ 1570 ^b
แม่โจ้	115,459 $\pm$ 1015 ^a

หมายเหตุ^{a, b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน แคโรทีน DPPH และ ABTS ในมันเทศต่างพันธุ์

พันธุ์	ปริมาณต่อน้ำหนักเนื้อมันเทศ 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง				
	ฟีนอลิก (mgGAE, %db)	แอนโทไซยานิน (mgC3G, %db)	แคโรทีน (mg, %db)	DPPH (mgGAE, %db)	ABTS (mgGAE, %db)
มันต่อเผือก	84.03 $\pm$ 1.61 ^a	12.60 $\pm$ 1.64	1.22 $\pm$ 0.02 ^c	58.97 $\pm$ 0.27 ^a	41.80 $\pm$ 0.26 ^a
มันเกษตร	49.13 $\pm$ 1.99 ^c	ND ³	2.05 $\pm$ 0.01 ^b	20.39 $\pm$ 0.38 ^c	26.64 $\pm$ 2.96 ^b
มันไข่	57.38 $\pm$ 0.19 ^b	ND	6.75 $\pm$ 0.08 ^a	28.49 $\pm$ 0.21 ^b	17.78 $\pm$ 2.74 ^c
แม่โจ้	41.03 $\pm$ 0.92 ^d	ND	0.25 $\pm$ 0.00 ^d	17.63 $\pm$ 0.80 ^d	19.94 $\pm$ 0.15 ^c

หมายเหตุ^{a, b, c, d} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

³ND = Non-detectable

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปกรดแกลลิกในมันเทศ พบอยู่ในช่วง 41.03 – 84.03 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง พันธุ์มันต่อเผือกมีปริมาณสูงสุดคือ 84.03 รองมาคือมันไข่ 57.38 มันเกษตร 49.13 และแม่โจ้ 41.03 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง จะเห็นได้ว่ามันเทศที่มีเนื้อสีเข้มกว่าจะมีปริมาณฟีนอลิกมากกว่ามันเทศที่มีเนื้อสีอ่อนกว่า พันธุ์ที่มีเนื้อสีม่วงจะมีปริมาณมากกว่าพันธุ์ที่มีเนื้อสีส้ม เหลือง และขาว ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Teow *et al.* (2007) ที่พบว่า สารประกอบฟีนอลิกมีปริมาณผันแปรตามสีของเนื้อมันเทศ โดยรายงานค่าอยู่ในช่วง 0.43 - 127.59 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับ Shih *et al.* (2009) ที่รายงานว่า มันเทศเนื้อสีส้มจะมีปริมาณฟีนอลิกมากกว่าพันธุ์เนื้อสีเหลือง ส่วน Huang *et al.* (2006) พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ของมันเทศ 6 พันธุ์ซึ่งมีเนื้อสีเหลือง ส้มเหลือง และม่วง มีค่าใกล้เคียงกันคือ 4.79 - 6.42 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง

ปริมาณแอนโธไซยานิน (มิลลิกรัมสมมูลเทียบกับ Cyanidin-3-glucoside) ตรวจพบในมันต่อเปลือกซึ่งมีเนื้อสีม่วง มีปริมาณ 12.60 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่พันธุ์มันไข่ มันเกษตร และแม่โจ้ วิเคราะห์ไม่พบ แอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีส้ม แดง ม่วง และน้ำเงินในผลไม้ ผัก ธัญพืช และดอกไม้ สีของแอนโธไซยานินเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับค่า pH โดยทั่วไปจะคงตัวในสภาวะที่เป็นกรด (Lee *et al.*, 2005) มันเทศที่มีเนื้อสีส้ม เหลืองปนส้ม สามารถวิเคราะห์พบแอนโธไซยานินได้ แต่มีปริมาณน้อย ดังเช่นในรายงานวิจัยของ Huang *et al.* (2006) และ Teow *et al.* (2007) ที่ตรวจพบแอนโธไซยานินในมันเทศที่มีเนื้อสีส้มบางสายพันธุ์

ปริมาณแคโรทีนในมันเทศ 4 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.25 - 6.75 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง โดยพันธุ์มันไข่ซึ่งมีเนื้อสีเหลืองส้มพบปริมาณสูงสุด รองลงมาคือมันเกษตร มันต่อเปลือก และพันธุ์แม่โจ้พบน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.75, 2.05, 1.22 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ แคโรทีนเป็นสารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ชนิดหนึ่ง ละลายในไขมันและไม่ละลายในน้ำ เป็นรงควัตถุที่พบในพืชให้สีเหลือง แดง ส้ม ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล (Smirnoff, 2005) มันเทศเป็นแหล่งของสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่ดี โดยเฉพาะพันธุ์ที่มีเนื้อสีส้ม เนื่องจากมีเบต้าแคโรทีนชนิดทรานส์ซึ่งแสดงกิจกรรมเป็นสารเริ่มต้นของวิตามินเอที่ดีที่สุด (Bovell-Benjamin, 2007) ดังเห็นได้จากงานวิจัยหลายงานวิจัยที่ให้ความสำคัญในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนในมันเทศ Kidmose *et al.* (2007) วิเคราะห์เบต้าแคโรทีนในมันเทศเนื้อสีเหลืองไปจนถึงสีส้มจำนวน 6 พันธุ์พบว่าค่าอยู่ในช่วง 3.69 - 40.75 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับรายงานของ Bengtsson *et al.* (2008) ซึ่งวิเคราะห์ในมันเทศ 7 พันธุ์ที่มีเนื้อสีส้มพบปริมาณอยู่ในช่วง 4.43 - 46.03 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง

ส่วนความสามารถในการต้านออกซิเดชันของมันเทศ ซึ่งรายงานในรูปของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก พบว่าค่าอยู่ในช่วง 17.63 - 58.97 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้งสำหรับวิธี DPPH และ 17.78 - 41.80 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้งสำหรับวิธี ABTS มันเทศพันธุ์ต่างกันจะมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณและสัดส่วนของสารประกอบที่มีอยู่ในเนื้อมันเทศ พันธุ์มันต่อเปลือกให้ค่า สูงสุดในการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี รองลงมาคือมันไข่ มันเกษตร และแม่โจ้ ตามลำดับในวิธี DPPH ซึ่งค่าสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีในมันเทศแต่ละพันธุ์ Teow *et al.* (2007) กล่าวว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของมันเทศได้ ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์กับความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH เท่ากับ 0.82 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัม เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Truong *et al.* (2004) ที่รายงานค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกับ DPPH เท่ากับ 0.94

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์มันเทศทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันพบว่ามันเทศพันธุ์ที่มีเนื้อสีต่างกันจะมีองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน พันธุ์ที่มีสมบัติเด่นที่สุดคือ พันธุ์มันต่อเปลือกซึ่งมีปริมาณโปรตีน สารประกอบฟีนอลิก

และแอนโทไซยานินสูงกว่าพันธุ์อื่น และส่งผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันมีค่าสูงที่สุด พันธุ์ที่มีสมบัติเด่นรองลงมาคือพันธุ์มันไข่ ซึ่งมีปริมาณเส้นใยหยาบ เถ้า และแคโรทีนสูงที่สุด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH สูงรองมาจากพันธุ์มันต่อเผือก ดังนั้นจึงคัดเลือกมันเทศพันธุ์มันต่อเผือกซึ่งมีเนื้อสีม่วงปนขาว และพันธุ์มันไข่ซึ่งมีเนื้อสีส้มปนเหลืองเป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งฟลาวมันเทศเพื่อเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาซูปในขั้นตอนต่อไป

3. ผลของวิธีการแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรักชันและการทำแห้งโดยใช้ตูกกิ้งร้อนต่อคุณภาพของฟลาวมันเทศ

3.1 คุณภาพของฟลาวมันเทศก่อนผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์

จากการเตรียมฟลาวมันเทศทั้ง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์มันไข่ และมันต่อเผือก โดยการนำมันเทศสดมาผ่านคูบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนได้มันเทศอบแห้งมีความชื้นประมาณร้อยละ 6±1 แล้วนำมาบดเป็นฟลาวก่อนการแปรรูป นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีได้ผลแสดงดังตารางที่ 9 และ 10 ตามลำดับ ฟลาวมันไข่เริ่มต้นมีสีเหลืองอ่อน มีค่าความสว่างสูง ($L^* = 88.94$) สำหรับฟลาวมันต่อเผือกเริ่มต้นมีสีน้ำตาลอ่อน มีค่าความสว่างค่อนข้างสูงแต่ต่ำกว่าฟลาวมันไข่ ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) ของฟลาวทั้งสองพันธุ์ใกล้เคียงกัน แต่ค่าการละลาย (WSI) ของฟลาวมันไข่มีค่าสูงกว่าฟลาวมันเทศ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณภาพทางกายภาพของฟลาวเริ่มต้น

ชนิดฟลาว	L^*	a^*	b^*	C^*	Hue (องศา)	WAI (g/g-db)	WSI (%db)
พันธุ์มันไข่	88.94 ± 0.04	3.79 ± 0.06	17.83 ± 0.12	18.23 ± 0.13	78.01 ± 0.13	2.61 ± 0.07	21.87 ± 0.22
พันธุ์มันต่อเผือก	81.96 ± 0.03	3.34 ± 0.04	9.06 ± 0.05	9.66 ± 0.05	69.80 ± 0.27	2.57 ± 0.01	16.58 ± 0.15

ตารางที่ 10 สมบัติการต้านออกซิเดชันของฟลาวเริ่มต้น

ชนิดฟลาว	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง				
	ฟีนอลิก (mgGAE)	แอนโทไซยานิน (mgC3G)	แคโรทีน (mg)	DPPH (mgGAE)	ABTS (mgGAE)
พันธุ์มันไข่	149.95 ± 3.60	0.31 ± 0.07	6.09 ± 0.02	76.24 ± 2.60	122.62 ± 0.71
พันธุ์มันต่อเผือก	206.23 ± 1.31	21.81 ± 0.50	1.96 ± 0.02	167.04 ± 1.41	61.40 ± 1.08

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกของฟลาวเริ่มต้น พบว่า ฟลาวมันต่อเปลือกมีปริมาณฟีนอลิกสูงกว่าฟลาวมันไข่ ขณะที่ฟลาวมันไข่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าฟลาวมันต่อเปลือก สำหรับค่าความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันพบว่า ฟลาวมันไข่วิเคราะห์โดยวิธี ABTS มีค่าสูงกว่าฟลาวมันต่อเปลือก แต่ฟลาวมันต่อเปลือกวิเคราะห์โดยวิธี DPPH มีค่าสูงกว่าฟลาวมันไข่ ความไม่สอดคล้องของการวิเคราะห์ทั้งสองค่านี้สามารถเกิดขึ้นได้ในการศึกษา ทั้งนี้ขึ้นกับ ความสม่ำเสมอของคุณภาพมันเทศแต่ละครั้ง ระดับความร้อนจากการอบแห้ง และองค์ประกอบทางเคมีในมันเทศซึ่งแสดงความสามารถในการต้านออกซิเดชันต่างกันของมันเทศที่ได้จากพันธุ์ต่างกัน

3.2 ผลของการแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันต่อคุณภาพฟลาวมันเทศ

3.2.1 ผลของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันต่อคุณภาพฟลาวมันเทศพันธุ์มันไข่

การศึกษาผลของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ต่อคุณภาพเอ็กซ์ทรูเดตและฟลาวมันเทศที่ได้จากการบดเอ็กซ์ทรูเดต โดยศึกษาปริมาณความชื้นของฟลาวมันเทศเริ่มต้น (ที่ผ่านการอบลมร้อน) ที่ร้อยละ 10, 13 และ 16 และศึกษาความเร็วรอบของสกรูที่ 250, 325 และ 400 รอบต่อนาที ผลการวิเคราะห์คุณภาพของฟลาวจากเอ็กซ์ทรูเดตที่ได้จากพันธุ์มันไข่ได้แสดงดังตารางที่ 9 คุณลักษณะเด่นที่แตกต่างอย่างชัดเจนของเอ็กซ์ทรูเดตที่ได้คือ สีและการพองตัว ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนระดับความชื้นของฟลาวเริ่มต้นและความเร็วรอบสกรูในการผลิต ที่ระดับความชื้นของฟลาวร้อยละ 10 ในทุกระดับความเร็วรอบของสกรู เอ็กซ์ทรูเดตมีการพองตัวมากจนบิดเกลียวแตกออก มีสีเข้มออกสีน้ำตาลมากกว่าสภาวะการผลิตที่ระดับความชื้นร้อยละ 13 และ 16 เนื่องจากที่ระดับความชื้นต่ำมีผลให้อุณหภูมิของส่วนผสมและความดันภายในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สูงขึ้น เมื่อส่วนผสมของแป้งภายในเครื่องถูกบีบอัดผ่านรูเปิดหน้าแปลนของเครื่อง จึงเกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกมาก จึงส่งผลให้เกิดการพองตัว ยิ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิและความดันมาก เอ็กซ์ทรูเดตที่ได้จะพองตัวได้มากขึ้น เช่นเดียวกับรายงานการศึกษาของ Kpodo and Plahar (1992) ที่พบว่าเมื่อปริมาณความชื้นของส่วนผสมเพิ่มขึ้นระหว่างร้อยละ 6 และ 9 จะส่งผลให้เอ็กซ์ทรูเดต (Yam extrudates) มีการพองตัวมากขึ้น แต่ถ้าหากความชื้นของส่วนผสมเพิ่มมากกว่าร้อยละ 9 การพองตัวของผลิตภัณฑ์จะลดลง การพองตัวลดลงเนื่องจากอุณหภูมิของส่วนผสมภายในเครื่อง และความดันภายในลดลง ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Perez *et al.* (2008) และ Ding *et al.* (2006) อีกด้วย การพองตัวของผลิตภัณฑ์สามารถเกิดได้ทั้งในภาคตัดขวางและตามแนวยาว จากการสังเกตพบว่าเอ็กซ์ทรูเดตที่ผลิตในระดับความเร็วรอบสกรูที่สูงกว่า ที่ระดับความชื้นเดียวกันพบว่าการพองตัวตามแนวยาวเกิดขึ้นซึ่ง Mezreb *et al.* (2003) ได้รายงานไว้ แต่อย่างไรก็ตามค่าอัตราส่วนของการพองตัว (expansion ratio, ER) ในการศึกษานี้ได้รายงานการพองตัวแบบภาคตัดขวางของเอ็กซ์ทรูเดตที่ผลิตจากความเร็วรอบสกรูต่างกัน ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 10 และความเร็วรอบสกรู 250 ที่มีค่าการพองตัวสูงสุดเนื่องจากมีอิทธิพลร่วมกันของปัจจัยที่ศึกษา การพองตัวของเอ็กซ์ทรูเดตจากพันธุ์มันไข่มีค่าผันแปรระหว่าง 2.33 – 2.93 โดยค่าการพองตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นของฟลาวลดลง ค่าการพองตัวมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับค่าความหนาแน่นซึ่งมีค่าระหว่าง 0.23 – 0.58 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของเอ็กซ์ทราคต์ที่บดแล้ว พบว่าเมื่อแป้งมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็น 13 และ 16 ตามลำดับ ส่งผลให้ฟลาวที่ได้มีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลง ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีมากขึ้น ค่าสีหลัก (hue) มีแนวโน้มเป็นสีเหลืองมากขึ้นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 74 - 80 ดังผลแสดงในตารางที่ 11 สมการ regression แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบของสกรู (X) และความชื้นของฟลาวเริ่มต้น ต่อค่า ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) และการละลายของแป้ง (WSI) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.91 และ 0.90 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2 ในทุกสภาวะการผลิต พบว่าฟลาวมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและการละลายของแป้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งเริ่มต้น เนื่องจากแป้งดิบผ่านกระบวนการเจลาติไนเซชันกลายเป็นแป้งสุก จึงพองตัวได้ดีในน้ำที่อุณหภูมิห้องและละลายได้ดีเพราะผลของความร้อนและแรงเฉือนภายใต้การผลิตทำให้แป้งมีขนาดโมเลกุลเล็กลง การดูดซับน้ำของฟลาวมีค่าอยู่ระหว่าง 2.89 – 3.61 กรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง และมีค่าการละลายร้อยละ 48.86 – 57.81 เมื่อปริมาณความชื้นของฟลาวในการผลิตลดลง ค่าการดูดซับน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับค่าการละลาย ($r = -0.78$) การเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบสกรูมีผลให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง ในขณะที่ค่าการละลายเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้ในภาพที่ 2 ในสภาวะการผลิตที่ฟลาวมีค่าการดูดซับน้ำสูงกว่าจะมีค่าการละลายที่ต่ำกว่า Altan *et al.* (2008) และ Mezreb *et al.* (2003) ได้รายงานผลของการเพิ่มความเร็วยรอบสกรูต่อการเพิ่มขึ้นของค่าการละลายไว้เช่นเดียวกัน

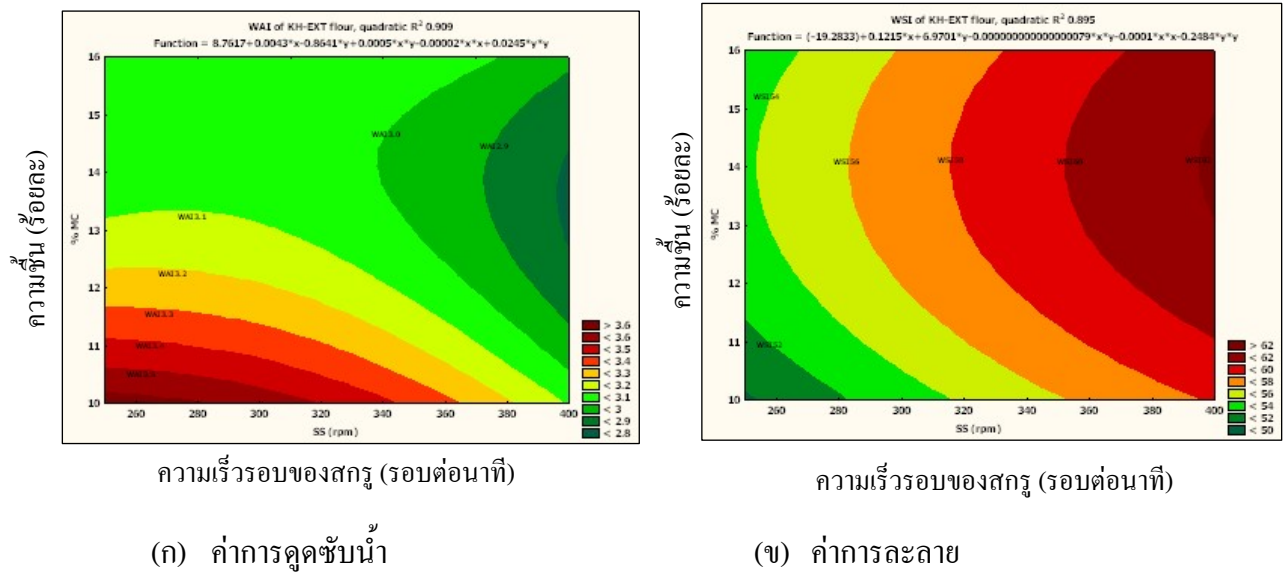
เมื่อนำฟลาวที่ได้จากการบดเอ็กซ์ทราคต์ไปวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA) พบว่าในทุกสภาวะการผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทราชัน ไม่พบพิกแสดงค่าความหนืดของแป้งเปียกขณะให้ความร้อน เมื่อเทียบกับกราฟของแป้งดิบดังแสดงในภาพที่ 3 แสดงว่าฟลาวมันเทศเกิดการเจลาติไนเซชันระหว่างการแปรรูปแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเจลาติไนซ์สมบูรณ์หรือไม่ Hagenimana *et al.* (2006) ได้รายงานผลการวัดค่าความหนืดของฟลาวจากข้าวที่ผ่านการเอ็กซ์ทราชัน พบว่ามีค่าความหนืดลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับฟลาวที่ไม่ผ่านการแปรรูป

ตารางที่ 11 คุณภาพทางกายภาพของฟลาวมันไซที่แปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรักชัน

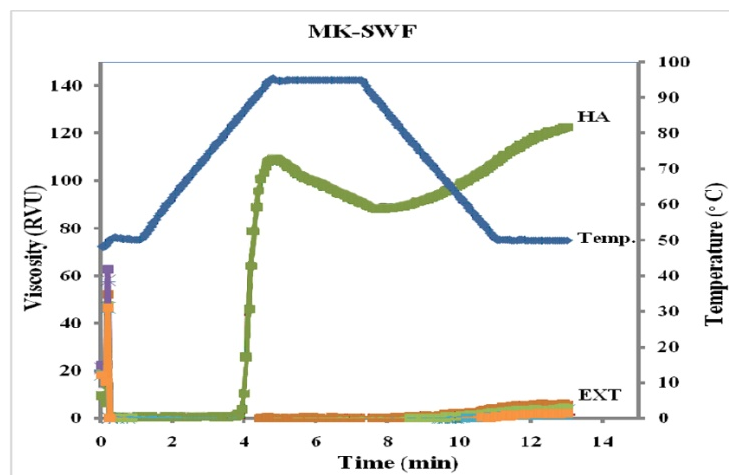
สิ่งทดลอง		คุณภาพทางกายภาพ								
SS (rpm)	MC (%)	L*	a*	b*	C*	Hue (องศา)	WAI (g/g-db)	WSI (%db)	Expansion ratio	Density (g/cm ³)
250	10	69.98 ± 0.18 ^c	9.81 ± 0.25 ^c	35.89 ± 1.07 ^c	37.21 ± 1.10 ^d	74.71 ± 0.12 ^c	3.61 ± 0.14 ^a	48.86 ± 1.79 ^b	2.93 ± 0.05 ^a	0.23 ± 0.01 ^f
		83.07 ± 0.22 ^{ab}	6.14 ± 0.20 ^f	37.68 ± 0.44 ^c	38.17 ± 0.46 ^c	80.74 ± 0.22 ^a	3.15 ± 0.08 ^b	51.59 ± 0.61 ^b	2.52 ± 0.06 ^b	0.48 ± 0.02 ^c
	13	83.65 ± 0.08 ^a	6.41 ± 0.05 ^e	37.24 ± 0.50 ^c	37.79 ± 0.50 ^{cd}	80.23 ± 0.10 ^b	3.06 ± 0.12 ^{bc}	51.02 ± 2.22 ^b	2.33 ± 0.05 ^c	0.58 ± 0.04 ^a
		81.37 ± 1.28 ^c	6.67 ± 0.34 ^d	37.69 ± 0.51 ^c	38.18 ± 0.42 ^c	80.21 ± 0.62 ^b	3.02 ± 0.09 ^{bc}	56.45 ± 1.89 ^a	2.59 ± 0.07 ^b	0.39 ± 0.03 ^d
	16	82.94 ± 0.16 ^b	6.46 ± 0.09 ^{de}	39.48 ± 0.24 ^a	40.01 ± 0.23 ^a	80.70 ± 0.15 ^a	3.13 ± 0.17 ^b	54.94 ± 2.79 ^a	2.35 ± 0.04 ^c	0.55 ± 0.03 ^a
		67.94 ± 0.18 ^f	10.38 ± 0.05 ^b	36.57 ± 0.24 ^d	38.02 ± 0.24 ^c	74.16 ± 0.06 ^d	2.98 ± 0.04 ^{bc}	55.65 ± 1.76 ^a	2.61 ± 0.15 ^b	0.25 ± 0.03 ^f
400	10	80.62 ± 0.20 ^d	6.66 ± 0.16 ^d	37.67 ± 0.36 ^c	38.25 ± 0.37 ^c	79.98 ± 0.19 ^b	2.91 ± 0.09 ^c	56.49 ± 1.12 ^a	2.59 ± 0.04 ^b	0.36 ± 0.02 ^c
		83.33 ± 0.16 ^{ab}	6.30 ± 0.10 ^{ef}	38.42 ± 0.27 ^b	38.93 ± 0.27 ^b	80.69 ± 0.13 ^a	2.89 ± 0.03 ^c	57.81 ± 0.77 ^a	2.39 ± 0.12 ^c	0.51 ± 0.05 ^b
	13	67.94 ± 0.18 ^f	10.38 ± 0.05 ^b	36.57 ± 0.24 ^d	38.02 ± 0.24 ^c	74.16 ± 0.06 ^d	2.98 ± 0.04 ^{bc}	55.65 ± 1.76 ^a	2.61 ± 0.15 ^b	0.25 ± 0.03 ^f
		80.62 ± 0.20 ^d	6.66 ± 0.16 ^d	37.67 ± 0.36 ^c	38.25 ± 0.37 ^c	79.98 ± 0.19 ^b	2.91 ± 0.09 ^c	56.49 ± 1.12 ^a	2.59 ± 0.04 ^b	0.36 ± 0.02 ^c
	16	83.33 ± 0.16 ^{ab}	6.30 ± 0.10 ^{ef}	38.42 ± 0.27 ^b	38.93 ± 0.27 ^b	80.69 ± 0.13 ^a	2.89 ± 0.03 ^c	57.81 ± 0.77 ^a	2.39 ± 0.12 ^c	0.51 ± 0.05 ^b
		67.94 ± 0.18 ^f	10.38 ± 0.05 ^b	36.57 ± 0.24 ^d	38.02 ± 0.24 ^c	74.16 ± 0.06 ^d	2.98 ± 0.04 ^{bc}	55.65 ± 1.76 ^a	2.61 ± 0.15 ^b	0.25 ± 0.03 ^f

หมายเหตุ ^{a-i} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

SS = ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที, rpm), MC = ปริมาณความชื้นของฟลาว (ร้อยละ)



ภาพที่ 2 แผนภาพคอนทัวร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบสกรูและปริมาณความชื้นต่อค่า (ก) การดูดซับน้ำ และ (ข) การละลาย ของฟลาวมันไข่



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของฟลาวมันไข่ก่อนแปรรูป (HA) และฟลาวมันไข่ที่ผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (EXT)

การแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพทางเคมีของฟลาวมันเทศที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังผลแสดงในตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างค่าคุณภาพของฟลาวมันเทศที่ผ่านการอบแห้งด้วย Tray dryer (ตารางที่ 10) ซึ่งเป็นฟลาวเริ่มต้นก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์กับฟลาวที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูชัน พบว่าสภาวะการผลิต (ยกเว้นที่ความชื้นวัตถุดิบฟลาวเท่ากับร้อยละ 10) ส่งผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการในระหว่างการแปรรูปเนื่องจากการได้รับจากความร้อนภายใต้แรงเฉือนของสกรูแต่อย่างไรก็ตามสภาวะการผลิตที่ฟลาวมีปริมาณความชื้นระดับต่ำคือร้อยละ 10 ในทุกระดับความเร็วรอบของสกรูส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันทั้งวิธี DPPH และ ABTS ของฟลาวมันเทศเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบค่าเหล่านี้สูงสุดในฟลาวที่ผลิตจากปริมาณความชื้นร้อยละ 10 และ

ความเร็วรอบสกรู 325 รอบต่อนาที ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการผลิตที่ระดับความชื้นต่ำร่วมกับแรงเฉือนของสกรูภายในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์นั้นเป็นสภาวะที่รุนแรง แป้งมีน้ำที่จะเกิดเจลลิตินขึ้นน้อยจึงทำให้แป้งได้รับอุณหภูมิสูงโดยตรง เป็นผลให้เกิดการทำลายโครงสร้างเนื้อเยื่อและสารประกอบเชิงซ้อนมากขึ้น เกิดเป็นสารประกอบอิสระที่มีโครงสร้างเล็กลง เช่น กรดฟีนอลิก และสารประกอบเหล่านี้สามารถทำหน้าที่ในการดักจับอนุมูลอิสระได้ จึงส่งผลให้มีปริมาณที่วิเคราะห์ได้มีมากขึ้น ดังเช่นรายงานของ Zielinski *et al.* (2006) ที่พบว่าในระหว่างการเอ็กซ์ทรูชันของ buckwheat กรดฟีนอลิกทั้งชนิดอิสระและจับยึดกับสารประกอบอื่นในผลิตภัณฑ์ เช่น syringic, ferulic, coumaric ยกเว้นกรดวานิลลิก (vanillic acid) จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการผลิตด้วยวิธีเอ็กซ์ทรูชันจะไปเพิ่มการปลดปล่อยของสารประกอบเหล่านี้ออกจากโครงสร้างตาข่ายของเซลล์และมีผลให้ตัวทำละลายสกัดสารออกมาได้ง่ายขึ้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Shih *et al.* (2009) ที่พบว่า การเอ็กซ์ทรูชันส่งผลให้ฟลาโวนแทนที่ผลิตได้มีปริมาณฟีนอลิกและกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH ในสารสกัดจากเมทานอลมีค่าสูงกว่าฟลาโวนแทนแบบพรีชราย นอกจากนี้ Stojceska *et al.* (2008) และ (2009) ก็พบผลการศึกษาในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เอ็กซ์ทรูเดอร์มีปริมาณแคโรทีนลดลงเมื่อผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน ซึ่งฟลาวเริ่มต้นมีแคโรทีน 6.09 มิลลิกรัมในตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 10 Bengtsson *et al.* (2008) รายงานว่า ความร้อนจากกระบวนการแปรรูป (นิ่ง ต้ม อบแห้งโดยใช้แสงแดด และอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน) ทำให้เกิดการสลายตัวของเบต้าแคโรทีนในมันเทศ ส่งผลให้ปริมาณของเบต้าแคโรทีนลดลง

ตารางที่ 12 สมบัติการต้านออกซิเดชันของฟลาวมันไข่ที่แปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

สิ่งทดลอง		ปริมาณสารต่อฟลาว 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง			
SS (rpm)	MC (%)	ฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE)	แคโรทีน (mg)	DPPH (mgGAE)	ABTS (mgGAE)
250	10	226.24 $\pm$ 2.13 ^c	3.77 $\pm$ 0.03 ^c	94.92 $\pm$ 1.20 ^c	155.54 $\pm$ 2.51 ^c
	13	146.71 $\pm$ 2.93 ^d	1.93 $\pm$ 0.15 ^e	69.17 $\pm$ 2.72 ^{ef}	104.74 $\pm$ 2.25 ^d
	16	131.71 $\pm$ 1.91 ^e	2.46 $\pm$ 0.11 ^d	65.25 $\pm$ 0.81 ^g	103.45 $\pm$ 2.06 ^{de}
325	10	267.99 $\pm$ 2.75 ^a	5.26 $\pm$ 0.29 ^a	108.76 $\pm$ 1.48 ^a	201.63 $\pm$ 2.32 ^a
	13	125.48 $\pm$ 3.83 ^f	1.60 $\pm$ 0.26 ^{fg}	74.72 $\pm$ 1.77 ^d	99.75 $\pm$ 2.19 ^{ef}
	16	94.87 $\pm$ 0.90 ^h	2.06 $\pm$ 0.03 ^e	62.16 $\pm$ 2.26 ^h	96.64 $\pm$ 1.29 ^{fg}
400	10	251.08 $\pm$ 2.74 ^b	4.51 $\pm$ 0.06 ^b	101.41 $\pm$ 2.29 ^b	171.78 $\pm$ 2.44 ^b
	13	102.42 $\pm$ 1.47 ^g	1.46 $\pm$ 0.02 ^g	71.94 $\pm$ 0.67 ^{de}	102.84 $\pm$ 3.07 ^{de}
	16	98.37 $\pm$ 1.39 ^{gh}	1.82 $\pm$ 0.02 ^{ef}	68.31 $\pm$ 0.90 ^f	93.36 $\pm$ 3.04 ^g

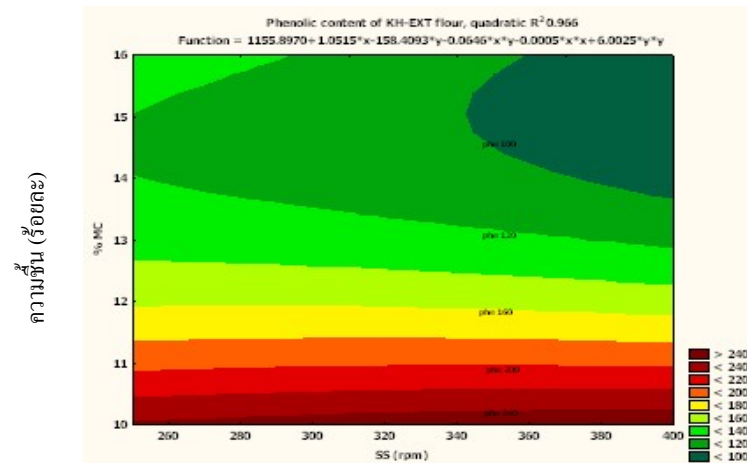
หมายเหตุ ^{a-h} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

SS = ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที, rpm), MC = ปริมาณความชื้นของฟลาว (ร้อยละ)

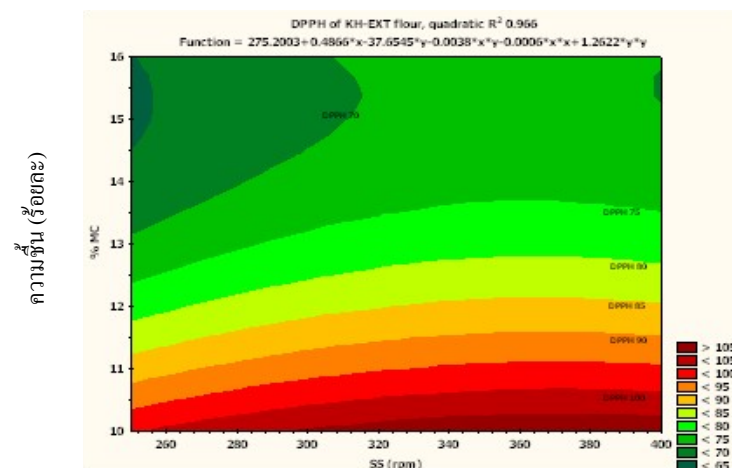
การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกและกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระทั้งวิธี DPPH และ ABTS ยังมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของฟลาวมันเทศโดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.96, 0.98 และ 0.97 ตามลำดับ ความสัมพันธ์นี้สามารถบ่งชี้ถึงการเกิดสารประกอบที่มีสีน้ำตาลได้ Sharma *et al.* (2012) ได้อธิบายการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการต้านออกซิเดชันในเอ็กซ์ทราคตจากข้าวบาร์เลย์ว่าเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งสร้างสารประกอบที่มีสีน้ำตาลในระหว่างการเอ็กซ์ทราชัน และสารประกอบเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ (Rufian-Henares and Delgado-Andrade, 2009) นอกจากนี้การแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทราชันอาจส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์ลดลงได้เช่นเดียวกัน (Mora-Rochin *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2012; Nayak *et al.*, 2011) ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิต เช่น อุณหภูมิของบาร์เรล ความดัน ความเร็วรอบสกรู และปริมาณความชื้น (Brennan *et al.*, 2011) ฟลาวจากการผลิตที่ความชื้นลดลงจากร้อยละ 13 เป็นร้อยละ 10 ในทุกระดับความเร็วรอบสกรู พบว่ามีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้น และพบว่า การผลิตที่ระดับความชื้นร้อยละ 16 ฟลาวมีปริมาณของคุณภาพเหล่านี้น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถานะการผลิตอื่น เนื่องจากที่สถานะนี้มีปริมาณน้ำมากกว่า แรงเฉือนที่กระทำต่อแป้งจึงมีความรุนแรงน้อยลง ดังนั้นจึงเกิดการทำลายโครงสร้างเนื้อเยื่อและสารประกอบเชิงซ้อนน้อยกว่าสถานะที่รุนแรงกว่า อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก DPPH และ ABTS ของฟลาวที่ได้จากเอ็กซ์ทราคตภายใต้ความชื้นร้อยละ 13 และ 16 มีปริมาณต่ำกว่าวัตถุดิบฟลาวมันเทศอบแห้งเริ่มต้น เนื่องจากเกิดการสูญเสียระหว่างกระบวนการเอ็กซ์ทราชันที่มีสาเหตุมาจากอุณหภูมิสูง และความดันสูงภายในเครื่องเอ็กซ์ทราคเตอร์

Stojceska *et al.* (2009) ได้ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิของส่วนผสมภายในเครื่องเอ็กซ์ทราคเตอร์และความดัน แล้วคำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้ในระหว่างการทำงานของเครื่อง (specific mechanical energy, SME) พบว่าการแปรปริมาณความชื้นระหว่างร้อยละ 12 – 17 และกำหนดอุณหภูมิที่รู้เปิดหน้าแปลนเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส ส่งผลให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องเปลี่ยนแปลงระหว่าง 150 – 115 องศาเซลเซียส ค่าความดันเปลี่ยนแปลงระหว่าง 53 - 0 bar/psi และค่าพลังงานเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0.1 - 0.03 KW h/kg เรียงลำดับจากปริมาณความชื้นต่ำไปสูง และเช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Meng *et al.* (2010) ที่กล่าวว่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องเอ็กซ์ทราคเตอร์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าค่าอุณหภูมิของบาร์เรลที่กำหนดไว้ที่หน้าแปลน ขณะที่ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นของส่วนผสมลดลง จากข้อมูลนี้สามารถยืนยันได้ว่าการผลิตฟลาวมันเทศที่มีความชื้นร้อยละ 10 จะส่งผลให้ฟลาวถูกกระทำภายใต้ อุณหภูมิและความดันที่สูงกว่าการผลิตฟลาวที่ระดับความชื้นร้อยละ 13 และ 16 ตามลำดับ

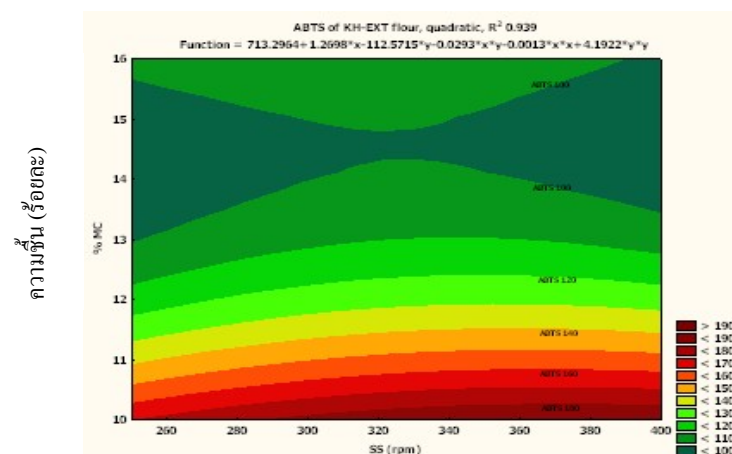
จากแผนภาพคอนทัวร์ในภาพที่ 4 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับค่าคุณภาพของฟลาวหลังการแปรรูป ตัวแปร X คือ ความเร็วรอบของสกรู ตัวแปร Y คือ ความชื้นของฟลาวเริ่มต้น โดยสมการ regression ของปริมาณฟีนอลิก และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS มีค่า R^2 เท่ากับ 0.97, 0.96 และ 0.94 ตามลำดับ พบว่าค่าคุณภาพเหล่านี้มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ ค่าคุณภาพมีปริมาณมากขึ้นเมื่อสถานะการผลิตมีปริมาณความชื้นต่ำลง ส่วนความเร็วรอบสกรูมีอิทธิพลน้อย



(ก) ฟีนอลิกทั้งหมด ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)



(ข) DPPH ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)



(ค) ABTS ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)

ภาพที่ 4 แผนภาพคอนทัวร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบสกรูและปริมาณความชื้นต่อ

(ก) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ข) DPPH และ(ค) ABTS

กว่าปริมาณความชื้น เมื่อความเร็วรอบสกรูสูงขึ้น ค่าความสามารถในการดักจับอนุภาคน้ำมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หรือไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.5$) ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินในมันเทศพันธุ์มันไข่ นั้นจากการวิเคราะห์พบว่ามียู้อยู่ไม่มากนักจึงไม่นำมารายงานผลในตาราง

3.2.2 ผลของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันต่อคุณภาพฟลาวมันเทศพันธุ์มันต่อเปลือก

ผลของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ต่อคุณภาพเอ็กซ์ทรูเดตและฟลาวมันเทศที่ได้จากการบดเอ็กซ์ทรูเดตในด้านสี การพองตัว ความหนาแน่น ค่าการดูดซับน้ำ และการละลาย ได้ผลแสดงดังตารางที่ 13 และภาพที่ 5 ค่าความหนืดแสดงดังภาพที่ 6 การศึกษาระดับของปริมาณความชื้นในฟลาวและความเร็วรอบสกรูในการผลิตส่งผลให้ค่าคุณภาพต่างๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพของฟลาวเริ่มต้นก่อนการแปรรูป ลักษณะของเอ็กซ์ทรูเดตมันต่อเปลือกที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฟลาวมันไข่คือ ในสภาวะการผลิตที่มีปริมาณความชื้นต่ำสุดคือร้อยละ 10 ที่ทุกระดับความเร็วรอบสกรู เอ็กซ์ทรูเดตมีการพองตัวมากจนบิดเป็นเกลียวสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นน้ำตาลไหม้ เนื่องจากเป็นสภาวะการผลิตที่รุนแรง เมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นของฟลาวมากขึ้นเป็นร้อยละ 13 เอ็กซ์ทรูเดตยังคงพองตัวดี โดยเฉพาะที่ระดับความเร็วรอบสกรูสูงชันจะมีลักษณะพองตัวในแนวยาวมากขึ้น และเมื่อความชื้นของฟลาวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16 เอ็กซ์ทรูเดตจะพองตัวน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.5$) ค่าการพองตัวผันแปรอยู่ในช่วง 2.85 – 3.92 การพองตัวมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับความหนาแน่นซึ่งมีค่าผันแปรระหว่าง 0.10 – 0.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการพองตัวของเอ็กซ์ทรูเดตที่ผลิตจากสภาวะเดียวกันระหว่างพันธุ์มันเทศพบว่า พันธุ์มันต่อเปลือกเกิดการพองตัวมากกว่าและสามารถบดละเอียดได้ดีกว่าในพันธุ์มันไข่ เนื่องจากแป้งที่เป็นองค์ประกอบในฟลาวมันต่อเปลือกมีอุณหภูมิในการเกิดเจลลิ่งในซึ่ที่ต่ำกว่า โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 65.7-75.7 องศาเซลเซียส และมีค่าการพองตัวของสตาร์ชที่สูงกว่าในระดับร้อยละ 27.53 (Soison *et al.*, 2010)

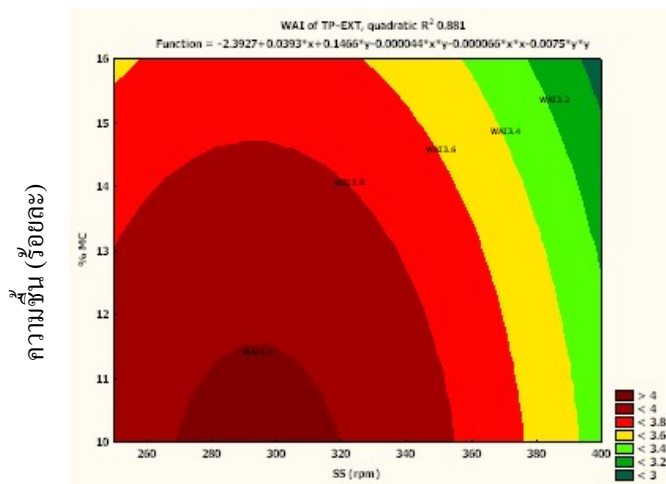
เมื่อนำฟลาวที่บดได้ไปวัดค่าคุณภาพด้านสี พบว่า หลังการเอ็กซ์ทรูชันฟลาวมีค่าความสว่างลดลง มีค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับสีของฟลาวเริ่มต้น การผลิตฟลาวที่มีปริมาณความชื้นลดลง ส่งผลให้ค่าสีของเอ็กซ์ทรูเดตมีค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงมีความเข้มของสีเหลืองและสีแดงมากขึ้นในขณะที่ค่าความสว่างลดลง เป็นผลมาจากการแปรรูปในสภาวะที่มีอุณหภูมิและความดันสูง จึงเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบภายในฟลาวโดยเฉพาะแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในเนื้อมันเทศสีม่วง เมื่อได้รับความร้อนสูงจึงเกิดการสลายตัวเกิดเป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำตาลมากขึ้น ดังเช่น Nayak *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาผลของการเอ็กซ์ทรูชันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของฟลาวมันฝรั่งสีม่วงและถั่วเหลือง (yellow pea) พบว่าหลังการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่างลดลง เนื่องจากผลของปฏิกิริยามอลาร์ดและการสลายตัวของแอนโทไซยานินจึงเกิดสารประกอบที่มีสีน้ำตาลมากขึ้น

ตารางที่ 13 คุณภาพทางกายภาพของฟลาวมันต่อเผือกที่แปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

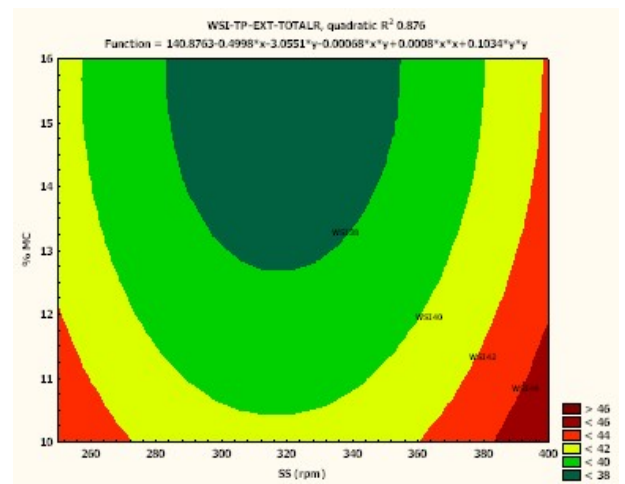
สิ่งทดลอง		คุณภาพทางกายภาพ								
SS (rpm)	MC (%)	L*	a*	b*	C*	h	WAI (g/g-db)	WSI (%db)	Expansion ratio	Density (g/cm ³)
250	10	68.44 ±	8.86 ±	27.95 ±	29.33 ±	72.41 ±	3.76 ±	45.49 ±	3.92 ±	0.10 ±
		0.07g	0.08a	0.34b	0.35b	0.09c	0.13bc	1.19b	0.15a	0.01e
	13	73.54 ±	6.88 ±	15.21 ±	16.69 ±	65.67 ±	3.90 ±	44.07 ±	3.51 ±	0.25 ±
		0.06b	0.05d	0.24g	0.24fg	0.21g	0.10ab	0.82bc	0.15cd	0.09c
	16	75.38 ±	4.41 ±	16.66 ±	17.23 ±	75.16 ±	3.56 ±	41.39 ±	2.85 ±	0.42 ±
		0.14a	0.07f	0.24e	0.25e	0.10a	0.08cd	0.63d	0.07f	0.02a
325	10	68.67 ±	8.64 ±	27.95 ±	29.26 ±	72.83 ±	4.08 ±	43.70 ±	3.72 ±	0.10 ±
		0.21f	0.11b	0.34b	0.36b	0.04b	0.10a	1.14c	0.12b	0.01e
	13	70.42 ±	8.42 ±	19.29 ±	21.05 ±	66.41 ±	3.88 ±	39.41 ±	3.59 ±	0.17 ±
		0.19d	0.12c	0.49d	0.48d	0.43f	0.23ab	1.70e	0.12bc	0.01d
	16	75.18 ±	5.50 ±	15.38 ±	16.33 ±	70.32 ±	3.40 ±	41.94 ±	3.06 ±	0.31 ±
		0.03a	0.05e	0.11fg	0.11g	0.10d	0.08de	1.16d	0.11e	0.03b
400	10	67.49 ±	8.97 ±	29.33 ±	30.68 ±	72.99 ±	3.27 ±	49.54 ±	3.69 ±	0.10 ±
		0.23h	0.13a	0.22a	0.25a	0.12b	0.31ef	0.45a	0.21b	0.01e
	13	69.84 ±	8.57 ±	21.92 ±	23.54 ±	68.65 ±	2.97 ±	48.99 ±	3.40 ±	0.15 ±
		0.25e	0.08b	0.21c	0.22c	0.16e	0.17g	0.34a	0.17d	0.02d
	16	73.17 ±	6.81 ±	15.61 ±	17.03 ±	66.43 ±	3.03 ±	44.83 ±	3.12 ±	0.27 ±
		0.14c	0.08d	0.16f	0.18ef	0.12f	0.10fg	0.18bc	0.10e	0.03c

หมายเหตุ ^{a-j} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
 SS = ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที, rpm), MC = ปริมาณความชื้นของฟลาว (ร้อยละ)

การผลิตฟลาวโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันส่งผลให้ฟลาวมันต่อเผือกมีค่าการดูดซับน้ำและการละลายที่ดีขึ้น การดูดซับน้ำของฟลาวมีค่าอยู่ระหว่าง 2.97-4.08 กรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง และการละลายมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 39.41 - 49.54 ปริมาณความชื้นและความเร็วรอบสกรูในการผลิตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดซับน้ำและการละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สภาวะการผลิตที่ฟลาวมีปริมาณความชื้นและความเร็วรอบสกรูต่ำ ค่าการดูดซับน้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นซึ่งสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับค่าการละลาย เมื่อปริมาณความชื้นและความเร็วรอบสกรูสูง ขึ้นส่งผลให้ค่าการละลายของฟลาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงดังแผนภาพคอนทัวร์ในภาพที่ 5 และเมื่อนำฟลาวที่ได้ไปหาค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง RVA พบว่า ไม่ปรากฏพิกค่าความหนืดเกิดขึ้นขณะให้ความร้อน (ภาพที่ 6) ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าฟลาวมันต่อเผือกที่ได้จากการผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันในทุกสภาวะการผลิตนั้นทำให้แป้งเกิดการเจลาทิไนเซชันขึ้น แต่ไม่สามารถบอกได้ว่ามีอัตราการเจลาทิไนเซชันมากขึ้นเท่าไร เป็นแป้งสุก เช่นเดียวกับการผลิตในพันธุ์มันไซ



ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)

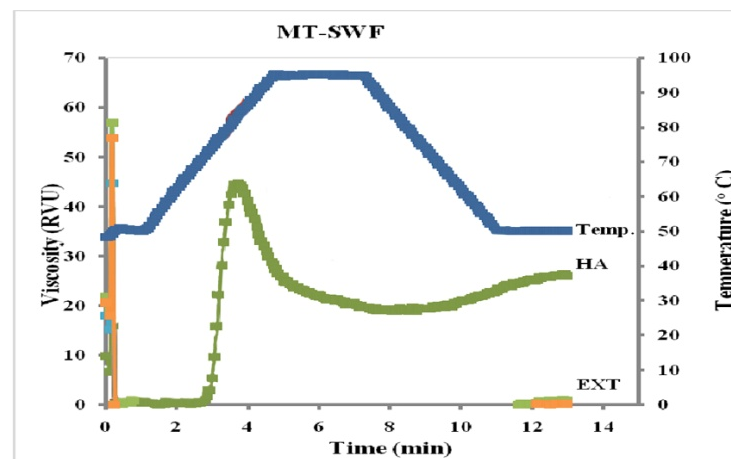


ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)

(ก) การดูดซับน้ำ

(ข) การละลาย

ภาพที่ 5 แผนภาพคอนทัวร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบสกรูและปริมาณความชื้นต่อการดูดซับน้ำและการละลายของฟลาวมันต่อเผือก



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของฟลาวมันต่อเผือกก่อนแปรรูป (HA) และฟลาวมันต่อเผือกที่ผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (EXT)

ผลของการแปรรูปทำให้ค่าคุณภาพทางเคมีของฟลาวมันต่อเผือกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 14 แอนโซไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้สีม่วงในเนื้อมันเทศพันธุ์มันต่อเผือก เมื่อนำฟลาวไปผ่านการผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน พบว่า ระดับของความชื้นและความเร็วรอบสกรูมีผลทำให้ค่าแอนโซไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสถานะการผลิตที่มีความชื้นสูงจะช่วยลดการสลายตัวของแอนโซไซยานินเนื่องจากอุณหภูมิสูงได้มากกว่าการผลิตที่มีความชื้นต่ำกว่า ส่วนความเร็วรอบสกรูที่สูงขึ้นทำให้แรงเฉือนภายในสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอนโซไซยานินมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 7 (ก) ขณะที่ Durge *et al.* (2011) ได้รายงานผลการศึกษาไว้ว่า การเพิ่มปริมาณความชื้นและ

ความเร็วรอบสกรูมีผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวคงเหลือหลังกระบวนการเอ็กซ์ทรักชันมากขึ้น อุณหภูมิในการเอ็กซ์ทรักชันมีผลทำให้แอนโทไซยานินในมันฝรั่งสีม่วงเกิดการสลายตัว และนำไปสู่การเกิดสารประกอบที่มีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้น (Nayak *et al.*, 2011) สำหรับปริมาณแคโรทีนในเอ็กซ์ทรักชันมันต่อเปลือกมีน้อยมากจึงไม่ได้รายงาน

กระบวนการเอ็กซ์ทรักชันยกเว้นที่ระดับความชื้นต่ำร้อยละ 10 ทุกระดับความเร็วรอบของสกรู พบว่าเอ็กซ์ทรักต์มีปริมาณฟีนอลิกลดลงจากฟลาวเริ่มต้น (206.32 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของฟลาวมันต่อเปลือกที่ผ่านการเอ็กซ์ทรักชันมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 115.98 – 299.29 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง สถานะการผลิตที่มีความชื้นและความเร็วสกรูต่างกันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับการผลิตในฟลาวมันไซ้จากผลที่ผลิตกันซึ่งผ่านการเอ็กซ์ทรักชันมีปริมาณกรดฟีนอลิกเพิ่มขึ้นนั้น อาจเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบในส่วนผสมในสถานะที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เช่น การสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในรูปจับกับสารประกอบอื่นแล้วเกิดเป็นฟีนอลิกอิสระ อย่างไรก็ตามพบว่าในงานวิจัยผลของกระบวนการให้ความร้อนรวมทั้งกระบวนการเอ็กซ์ทรักชัน ทำให้ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากเกิดการปลดปล่อยออกจากโครงสร้างผนังเซลล์ของพืช (Brennan *et al.*, 2011) Dewantov *et al.* (2002) รายงานว่าการแปรรูปข้าวโพดหวานด้วยความร้อนส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกในรูปอิสระมีเพิ่มมากขึ้นในขณะที่สารประกอบ ฟีนอลิกในรูปที่จับยึดกับสารประกอบอื่น (bound phenolic content) มีค่าลดลง

จากผลการศึกษาผลของกระบวนการเอ็กซ์ทรักชันต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของเอ็กซ์ทรักต์ พบว่า การผลิตด้วยวิธีเอ็กซ์ทรักชันมีผลทำให้ค่าความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH ของฟลาวมันต่อเปลือกที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรักชันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับฟลาวเริ่มต้นในวัตถุดิบ ยกเว้นที่ระดับความชื้นร้อยละ 10 และที่ระดับความเร็วรอบสกรูเท่ากับ 400 รอบต่อนาที มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับค่า ABTS พบว่าเอ็กซ์ทรักต์ที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรักชันมีค่าลดลงจากฟลาวเริ่มต้น ยกเว้นที่ระดับความชื้นร้อยละ 10 ทุกระดับความเร็วรอบสกรูที่มีค่านี้มากกว่าที่พบจากฟลาวเริ่มต้น ค่าที่คงเหลือมานี้จะเนื่องมาจากผลของการผลิตในสถานะที่รุนแรง ทำให้เกิดสารประกอบใหม่จากปฏิกิริยาการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ซึ่งมีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ได้ จึงส่งผลให้ฟลาวมีค่ากิจกรรมสูงขึ้นเช่นเดียวกับผลในพันธุ์มันไซ้ ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบสกรูและปริมาณความชื้นต่อกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของฟลาวมันต่อเปลือก แสดงดังภาพที่ 7 โดยมีค่า R^2 ของสมการ regression เท่ากับ 0.97 และ 0.99 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และวิธี ABTS ซึ่งมีความสัมพันธ์เดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ดังนั้นการผลิตฟลาวมันต่อเปลือกด้วยวิธีเอ็กซ์ทรักชันนี้ จะเห็นได้ว่าที่สถานะการผลิตปริมาณความชื้นต่ำที่ร้อยละ 10 ส่งผลให้ฟลาวมีสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันมากขึ้นในทุกะดับความเร็วรอบสกรู และที่ความเร็วรอบสกรูสูงขึ้น ค่าเหล่านี้มีค่าเพิ่มขึ้น

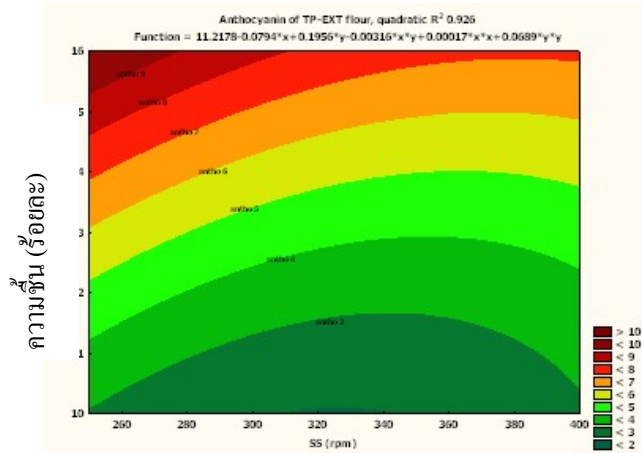
ตารางที่ 14 สมบัติการต้านออกซิเดชันของฟลาวมันต่อเชื้อที่แปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรักชัน

สิ่งทดลอง		ปริมาณสารต่อฟลาว 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง			
SS	MC	ฟีนอลิกทั้งหมด	แอนโทไซยานิน	DPPH	ABTS
(rpm)	(%)	(mgGAE)	(mgC3G)	(mgGAE)	(mgGAE)
250	10	257.30 ± 1.41 ^c	2.36 ± 0.30 ^f	154.42 ± 1.63 ^c	72.18 ± 1.13 ^c
	13	136.92 ± 1.41 ^h	7.17 ± 0.16 ^c	101.43 ± 1.19 ^g	35.90 ± 1.64 ^f
	16	127.89 ± 1.41 ⁱ	9.10 ± 0.35 ^a	96.22 ± 0.49 ^h	24.07 ± 1.12 ^{gh}
325	10	299.29 ± 1.38 ^a	1.71 ± 0.21 ^g	162.56 ± 1.24 ^b	86.76 ± 2.04 ^b
	13	158.20 ± 3.30 ^e	3.74 ± 0.45 ^d	106.20 ± 2.33 ^f	38.98 ± 1.54 ^c
	16	149.48 ± 1.46 ^f	8.37 ± 0.09 ^b	109.25 ± 1.81 ^e	35.56 ± 0.95 ^f
400	10	294.35 ± 0.92 ^b	2.06 ± 0.18 ^f	168.97 ± 1.39 ^a	95.31 ± 1.38 ^a
	13	169.23 ± 2.52 ^d	3.56 ± 0.14 ^d	120.97 ± 2.87 ^d	48.17 ± 1.18 ^d
	16	115.98 ± 1.63 ⁱ	6.96 ± 0.24 ^c	94.67 ± 1.29 ^h	28.42 ± 0.76 ^g

หมายเหตุ ^{a-j} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

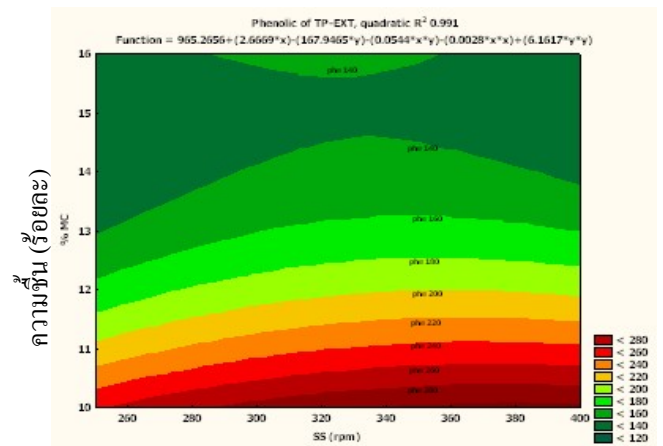
SS = ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที, rpm), MC = ปริมาณความชื้นของฟลาว (ร้อยละ)

เมื่อพิจารณาคุณภาพโดยรวมในมันเทศทั้งสองพันธุ์ จะเห็นได้ว่าสภาวะการผลิตที่มีความชื้นระดับต่ำคือ ร้อยละ 10 เอ็กซ์ทรักต์มีการฟองตัวที่ดี ฟลาวมีค่าการดูดซับน้ำสูง มีสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ดี แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเป็นสภาวะการผลิตที่รุนแรงกว่าจึงส่งผลให้ฟลาวที่ได้มีสีคล้ำ มีกลิ่นน้ำตาลไหม้และอาจมีรสขมจึงไม่สามารถเลือกมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซูปมันเทศได้ ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกสภาวะการผลิตที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13 เป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมในการผลิต ส่วนความเร็วรอบของสกรูจะสังเกตได้ว่าเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ค่าความสามารถในการเป็นสารดักจับอนุมูลอิสระมีแนวโน้มสูงขึ้น และเอ็กซ์ทรักต์ที่ได้มีลักษณะการฟองตัวที่ดีกว่าซึ่งส่งผลให้บดเป็นผงละเอียดได้ง่ายกว่า จึงพิจารณาเลือกที่ระดับความเร็วรอบ 325 และ 400 รอบต่อนาที เป็นตัวแทนของฟลาวจากการผลิตด้วยวิธีเอ็กซ์ทรักชันสำหรับเปรียบเทียบคุณภาพกับฟลาวที่ผลิตโดยวิธีถูกล้างร้อนต่อไป



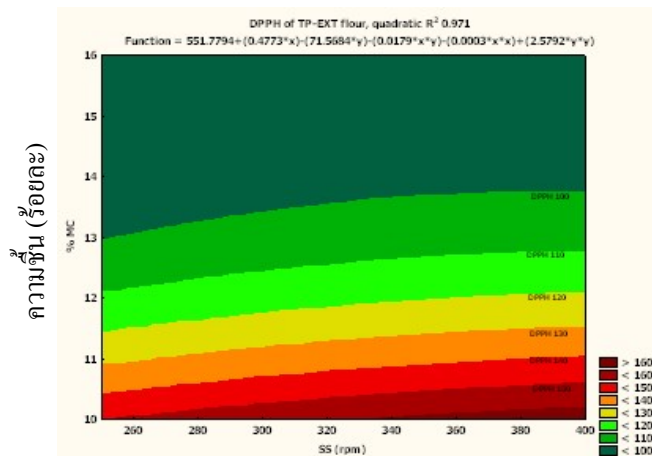
ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)

(ก) แอนโทไซยานิน



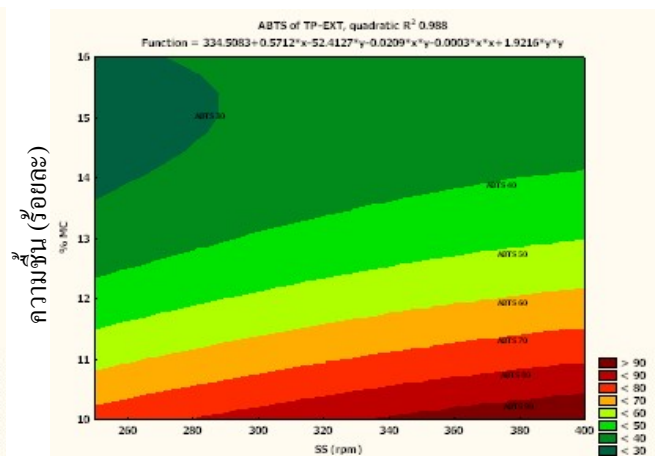
ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)

(ข) ฟีนอลิกทั้งหมด



ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)

(ค) DPPH



ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)

(ง) ABTS

ภาพที่ 7 แผนภาพคอนทัวร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบสกรูและปริมาณความชื้นต่อปริมาณแอนโทไซยานินและสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของฟลาวมันต่อเปลือก

3.3 ผลของการแปรรูปด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อนต่อคุณภาพฟลาวมันเทศ

3.3.1 ผลของการแปรรูปด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อนต่อคุณภาพฟลาวมันเทศพันธุ์มันไข่

นำฟลาวมันเทศที่เตรียมโดยวิธีอบลมร้อนมาเตรียมเป็นแป้งเปียกที่ความเข้มข้นของ ฟลาวร้อยละ 10 ให้ความร้อนบนเตาพร้อมกวนตลอดเวลาจนแป้งสุก และจับเวลาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำแป้งเปียกที่ได้ไปทำแห้งด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อนแบบคู่ ศึกษาอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของฟลาวมันเทศที่ได้แสดงดังตารางที่ 15-16 และภาพที่ 8

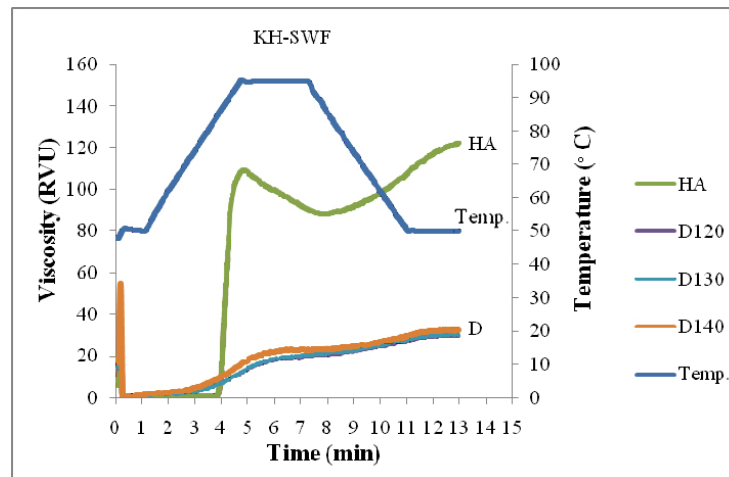
ฟลาวมันไข่ที่ผลิตได้มีสีเหลือง การทำแห้งด้วยลูกกลิ้งร้อนทำให้ค่าความเข้มสีหลัก (hue) ค่า b^* และค่า a^* เพิ่มขึ้นของทุกระดับอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้ง ในขณะที่ค่าความสว่างของฟลาวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟลาวอบลมร้อน (ตารางที่ 15) ผลของระดับอุณหภูมิที่ต่างกันในการทำแห้ง ส่งผลให้ค่าสีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าที่ต่างกันนั้นจะต่างกันในช่วงแคบ ส่วนค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของฟลาวหลังการผลิตด้วยลูกกลิ้งร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 5.46-6.12 กรัมต่อกรัมฟลาวโดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับฟลาวเริ่มต้น และอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่สูงขึ้น ส่งผลให้ฟลาวมีค่าการดูดซับน้ำสูงขึ้น ซึ่งผลนี้สัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับค่าการละลายของฟลาวที่ลดลง เมื่อพิจารณาด้านค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืด พบว่าหลังการแปรรูปฟลาวมีค่าความหนืดลดลงอย่างมาก (ภาพที่ 8) ค่าความหนืดสูงสุดมีค่าระหว่าง 20.23-23.28 RVU อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าความหนืดของฟลาวที่ได้

ตารางที่ 15 คุณทางกายภาพของฟลาวมันไข่ที่แปรรูปโดยวิธีการทำแห้งด้วยลูกกลิ้งร้อน

ระดับความร้อนที่ผิวลูกกลิ้ง (°C)	คุณทางกายภาพ						
	L^* ^{ns}	a^*	b^*	C^*	Hue	WAI (g/g-db)	WSI (%db)
120	84.52 ± 0.13	4.76 ± 0.08 ^a	26.41 ± 0.08 ^b	26.83 ± 0.09 ^b	79.77 ± 0.15 ^c	5.46 ± 0.07 ^c	20.55 ± 2.19 ^a
130	84.97 ± 0.12	4.35 ± 0.11 ^b	26.28 ± 0.14 ^b	26.44 ± 0.15 ^c	80.53 ± 0.18 ^b	5.76 ± 0.05 ^b	15.56 ± 1.64 ^b
140	84.76 ± 0.10	3.99 ± 0.06 ^c	26.73 ± 0.13 ^a	27.03 ± 0.14 ^a	81.51 ± 0.1 ^a	6.12 ± 0.07 ^a	11.99 ± 0.96 ^c

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดังเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของฟลาวมันไซก่อนการแปรรูป (HA) และฟลาวมันไซที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อน (D) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ตารางที่ 16) พบว่า การทำแห้งด้วยลูกกลิ้งร้อนส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิก แคลโรทีน และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระทั้งวิธี DPPH และ ABTS มีค่าลดลงจากฟลาวเริ่มต้น (149.95 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณฟีนอลิก และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระทั้งวิธี DPPH และ ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 108.23 - 136.80, 62.94 - 71.78 และ 85.68 - 99.54 มิลลิกรัมในรูปของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ จากการทำแห้งโดยใช้ลูกกลิ้งร้อน พบว่าเมื่ออุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระคงเหลือมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเกิดการทำลายโครงสร้างเนื้อเยื่อเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงของผิวลูกกลิ้ง โดยความร้อนในการแปรรูปจะเข้าไปทำลายเนื้อเยื่อเซลล์ของพืช ส่งผลให้ส่วนประกอบต่างๆ ถูกปล่อยออกจากโครงสร้างเซลล์ และทำให้ตัวทำลายสามารถสกัดสารประกอบอิสระออกมาได้ดีขึ้น สำหรับปริมาณแอนโทไซยานินในฟลาวมันไซมีอยู่น้อยมาก จึงไม่เห็นความแตกต่างหลังการแปรรูป จะเห็นว่าที่ระดับอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ฟลาวมีสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันมากกว่าที่ระดับอื่นๆ จึงพิจารณาเลือกสภาวะการผลิตนี้ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ กับฟลาวที่ผลิตด้วยวิธีเอ็กซ์ทรักชันต่อไป

ตารางที่ 16 สมบัติการต้านออกซิเดชันของฟลาวมันไซที่ผลิตด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อน

ระดับความร้อน ที่ผิวลูกกลิ้ง (°C)	ปริมาณสารต่อฟลาว 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง			
	ฟีนอลิก(mgGAE)	แคลโรทีน ^{ns} (mg)	DPPH (mgGAE)	ABTS (mgGAE)
120	108.23 ± 1.39 ^c	2.10 ± 0.00	62.94 ± 0.22 ^b	85.68 ± 1.06 ^b
130	123.72 ± 1.06 ^b	2.17 ± 0.06	69.44 ± 2.40 ^a	98.26 ± 2.67 ^a
140	136.80 ± 3.69 ^a	2.36 ± 0.00	71.78 ± 0.72 ^a	99.54 ± 2.40 ^a

หมายเหตุ: ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดังเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.3.2 ผลของการแปรรูปด้วยวิธีลวกลิ่งร้อนต่อคุณภาพฟลาวมันเทศพันธุ์มันต่อเผือก

นำฟลาวมันเทศที่เตรียมโดยวิธีอบลมร้อนมาเตรียมเป็นแป้งเปียกที่ความเข้มข้นของ ฟลาวร้อยละ 10 เช่นเดียวกับพันธุ์มันไซ้ แล้วนำแป้งเปียกที่ได้ไปทำแห้งด้วยวิธีลวกลิ่งร้อนแบบคู่ ศึกษาอุณหภูมิของฟลาวลวกลิ่งที่ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส ได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีแสดงดังตารางที่ 17 และ 18 ตามลำดับ

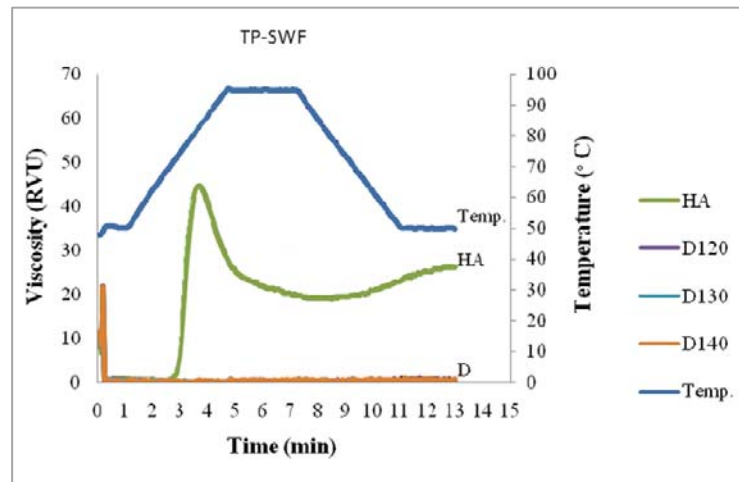
ฟลาวมันต่อเผือกซึ่งมีปริมาณของสารประกอบแอนโทไซยานินสูง เมื่อนำไปเตรียมเป็นแป้งเปียก พบ ว่ามีสีม่วงปรากฏออกมามากขึ้น หลังการทำแห้งด้วยลวกลิ่งร้อน ฟลาวที่ได้จึงมีค่าความเข้มสีหลักต่ำลงมากจากค่า hue ในฟลาวอบลมร้อนเท่ากับ 69.80 ลดลงเหลือ 3.50-14.64 ในฟลาวที่ผ่านการแปรรูป (ตารางที่ 17) อุณหภูมิของฟลาวลวกลิ่งที่สูงกว่า ส่งผลให้ค่าความเข้มสีลดลงมากกว่า ซึ่งสัมพันธ์กับค่า a^* ที่มีค่าเพิ่มขึ้น และค่าความสว่างที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าการดูดซับน้ำและค่าการละลายของฟลาวหลังการทำแห้งมีมากขึ้น การทำแห้งที่อุณหภูมิของฟลาวลวกลิ่งต่างกัน ค่าการดูดซับน้ำและการละลายของฟลาวที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดพบว่าไม่ปรากฏพิคความหนืดในระหว่างการให้ความร้อน (ภาพที่ 9) ซึ่งบ่งชี้ว่าแป้งในฟลาวมันต่อเผือกที่ผลิตด้วยวิธีลวกลิ่งร้อนน่าจะเกิดการเจลาทิไนซ์อย่างสมบูรณ์ ส่วนคุณภาพทางเคมีของฟลาวที่ได้ (ตารางที่ 18) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าลดลงเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการสลายตัว จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณแคโรทีนมีปริมาณน้อยมากในตัวอย่างจึงไม่ได้รายงาน สำหรับปริมาณฟีนอลิก ความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระทั้งวิธี DPPH และ ABTS ของฟลาวหลังการทำแห้งด้วยลวกลิ่งร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นจากฟลาวเริ่มต้น (206.32 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง) น่าจะมีผลมาจากเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งอย่างสมบูรณ์ จึงสกัดสารประกอบออกมาได้ง่าย โดยความร้อนอาจส่งผลให้แอนโทไซยานินถูกปล่อยออกมาจากโครงสร้างเซลล์ของพืช และละลายอยู่ในน้ำ แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบซึ่งมีสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันเช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิก จึงส่งผลให้ค่าความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Leong and Oey (2012) พบว่าการให้ความร้อนกับชิ้นผลไม้ (cherries, peaches, plum) ในสถานะที่มีน้ำ (น้ำต่อชิ้นผลไม้ เท่ากับ 5:1 โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 98 °C นาน 10 นาที ส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินของผลไม้เหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษามันเทศนี้ไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน เนื่องจากมันต่อเผือกมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่หลายอย่าง ซึ่งอาจจะมีผลต่อการสกัดและการวัดค่า แต่เป็นที่สังเกตได้คือ ค่าคุณภาพเหล่านี้มีค่าใกล้เคียงกัน (แม้จะมีบางค่าแตกต่างกันทางสถิติ) หลังจากผ่านการทำแห้งด้วยลวกลิ่งร้อนแล้ว

ตารางที่ 17 คุณภาพทางกายภาพของฟลาวมันต่อเปลือกที่ผลิตด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อน

ระดับความร้อนที่ผิวลูกกลิ้ง (°C)	คุณภาพทางกายภาพ						
	L*	a*	b*	C*	Hue	WAI ^{ns} (g/g-db)	WSI ^{ns} (%db)
120	70.10 ± 0.08 ^a	11.04 ± 0.08 ^b	2.88 ± 0.10 ^a	11.41 ± 0.09 ^b	14.64 ± 0.47 ^a	2.89 ± 0.07	53.00 ± 1.99 ^b
130	69.76 ± 0.45 ^a	12.14 ± 0.37 ^a	0.85 ± 0.15 ^b	12.17 ± 0.37 ^a	4.00 ± 0.64 ^b	2.88 ± 0.05	53.29 ± 1.52 ^b
140	67.87 ± 0.59 ^b	12.47 ± 0.46 ^a	0.76 ± 0.11 ^b	12.49 ± 0.46 ^a	3.50 ± 0.39 ^b	2.83 ± 0.02	54.41 ± 1.83 ^b

หมายเหตุ: ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของฟลาวมันต่อเปลือกก่อนการแปรรูป (HA) และฟลาวมันต่อเปลือกที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อน (DD) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 18 สมบัติการต้านออกซิเดชันของฟลาวมันต่อเปลือกที่ผลิตด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อน

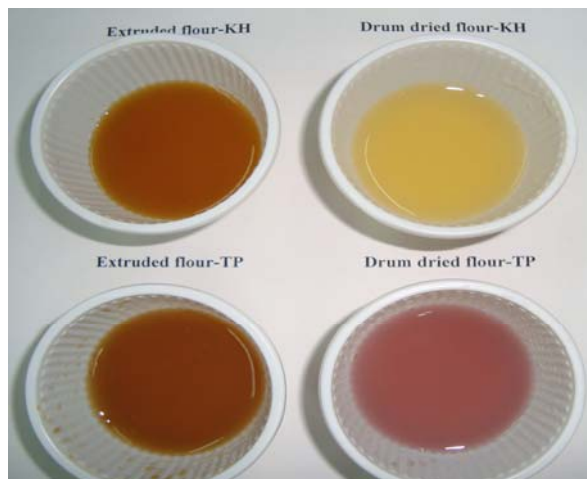
ระดับความร้อนที่ผิวลูกกลิ้ง (°C)	ปริมาณสารต่อฟลาว 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง			
	ฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE)	แอนโทไซยานิน (mgC3G)	DPPH ^{ns} (mgGAE)	ABTS (mgGAE)
120	276.68 ± 1.23 ^b	27.91 ± 0.58 ^a	178.82 ± 2.22	77.95 ± 2.05 ^b
130	276.19 ± 1.06 ^b	27.37 ± 0.36 ^a	178.46 ± 3.42	79.61 ± 1.32 ^a
140	279.78 ± 2.22 ^a	25.01 ± 0.48 ^b	179.01 ± 2.13	80.15 ± 1.87 ^a

หมายเหตุ: ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.4 การคัดเลือกวิธีการผลิตฟลาวที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปล่มเทศ

ศึกษาเพื่อเลือกวิธีการผลิตฟลาวที่เหมาะสม โดยเน้นที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น และกลิ่นรสมันเทศ นำฟลาวมันเทศทั้ง 2 พันธุ์ จากวิธีการผลิตด้วยเอ็กซ์ทรูชันที่ 2 สถานะการผลิตคือ ที่ความชื้นร้อยละ 13 และความเร็วรอบสกรูที่ 325 และ 400 รอบต่อนาที ซึ่งได้จากการเลือกในข้อ 3.1 และฟลาวที่ผลิตด้วยลูกกลิ้งร้อนที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียสจากข้อ 3.2 มาทำการเตรียมตัวอย่างจำลองรูปแบบคล้ายซุปล่มเทศคือ นำผงฟลาวมันเทศทั้งสองพันธุ์มาเติมน้ำในอัตราส่วนฟลาวต่อน้ำ เท่ากับ 1:8 (อัตราส่วนน้ำเฉลี่ยโดยประมาณของซุปล่มเทศทางการค้าถึงสำเร็จรูป 4 ยี่ห้อ ได้แก่ โวโน เลดี้แอนนา อีราสโก้ และแคมป์เบลล์) เติมน้ำตาลและเกลือเพื่อปรับรสชาติเล็กน้อย โดยเน้นการคัดเลือกในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น และกลิ่นรสมันเทศ ที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับพัฒนาสูตรซุปล่มเทศต่อไป แล้วนำตัวอย่างที่ได้ (ภาพที่ 10) ไปทำการประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คนต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นมันเทศ และความชอบรวม โดยเสิร์ฟตัวอย่างมันเทศทีละพันธุ์



ภาพที่ 10 ลักษณะตัวอย่างจำลองคล้ายซุปล่มเทศที่เตรียมจากฟลาวมันเทศที่ผลิตโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันและลูกกลิ้งร้อน

ตารางที่ 19 คะแนนความชอบเฉลี่ยของตัวอย่างจำลองคล้ายซุปล่มเทศจากฟลาวมันเทศพันธุ์มัน ไซท์ผ่านกระบวนการผลิตฟลาวต่างกัน

กระบวนการผลิตฟลาว	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นมันเทศ	กลิ่นรสมันเทศ	ความชอบโดยรวม
เอ็กซ์ทรูชัน (13% MC, 325 rpm)	7.2 ± 0.7^a	7.1 ± 0.7^a	7.1 ± 0.7^a	7.0 ± 0.7^a	7.2 ± 0.7^a
เอ็กซ์ทรูชัน (13% MC, 400 rpm)	6.7 ± 0.9^a	6.8 ± 1.0^a	7.1 ± 0.7^a	6.6 ± 1.0^a	6.8 ± 0.8^a
ลูกกลิ้งร้อน (140 °C)	5.4 ± 1.3^b	5.9 ± 1.4^b	5.4 ± 1.3^b	4.9 ± 1.5^b	5.0 ± 1.4^b

หมายเหตุ ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดังเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 20 คะแนนความชอบเฉลี่ยของตัวอย่างจำลองคล้ายชุบจากฟลาวมันเทศพันธุ์มันต่อเปลือกที่ผ่านกระบวนการผลิตฟลาวต่างกัน

กระบวนการผลิตฟลาว	สี	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	กลิ่นมันเทศ	กลิ่นรสมันเทศ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
เอ็กซ์ทราซัน (13% MC, 325 rpm)	4.9 ± 1.3 ^b	5.8 ± 1.5	6.5 ± 1.2 ^a	6.1 ± 1.1	5.8 ± 1.3
เอ็กซ์ทราซัน (13% MC, 400 rpm)	5.0 ± 1.4 ^b	5.9 ± 1.5	6.5 ± 1.2 ^a	6.1 ± 1.4	6.0 ± 1.5
ลูกกลิ้งร้อน (140°C)	6.8 ± 0.9 ^a	6.3 ± 1.2	5.8 ± 1.2 ^b	5.8 ± 1.4	6.1 ± 1.2

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการประเมินจากผู้ทดสอบ (ตารางที่ 19-20) พบว่า ตัวอย่างฟลาวจากพันธุ์มันไซที่ผลิตด้วยวิธีเอ็กซ์ทราซันมีคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะมากกว่าฟลาวที่ผลิตด้วยวิธีลูกกลิ้งร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฟลาวที่ผลิตต่างระดับความเร็วรอบสกรู พบว่า มีค่าคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะและความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ที่ความเร็วรอบสกรูต่ำกว่า คือ 325 รอบต่อนาที ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่า และในด้านของการแปรรูป การใช้ความเร็วรอบสกรูต่ำกว่า จะใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตน้อยกว่า ดังนั้นในพันธุ์มันไซจึงพิจารณาเลือกการผลิตฟลาวมันเทศด้วยวิธีเอ็กซ์ทราซันที่สภาวะปริมาณความชื้นร้อยละ 13 และความเร็วรอบสกรู 325 รอบต่อนาที ส่วนพันธุ์มันต่อเปลือก ผลการทดสอบในภาพรวมได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่าพันธุ์มันไซ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสมันเทศ และความชอบโดยรวมของฟลาวที่ผลิตต่างวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) คะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่ในด้านสี ผู้ทดสอบมีความชอบต่อตัวอย่างฟลาวที่ผลิตด้วยลูกกลิ้งร้อนมากกว่า เนื่องจากฟลาวมีสีม่วง ขณะที่ฟลาวจากวิธีเอ็กซ์ทราซันมีสีเข้มออกน้ำตาลแดง ส่วนด้านกลิ่นมันเทศ ตัวอย่างฟลาวที่ผลิตวิธีเอ็กซ์ทราซันได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าที่ผลิตด้วยลูกกลิ้งร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นหากพิจารณาในแง่ของกระบวนการผลิต วิธีเอ็กซ์ทราซันมีประสิทธิภาพในการแปรรูปมากกว่า ปริมาณผลผลิตมากกว่า และใช้ระยะเวลาในการผลิตน้อยกว่าการแปรรูปด้วยลูกกลิ้งร้อน จึงเลือกกระบวนการเอ็กซ์ทราซันและในสภาวะการผลิตเช่นเดียวกับพันธุ์มันไซ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบการพัฒนาสูตรชุบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งทำจากฟลาวมันเทศต่างพันธุ์ที่มาจากวิธีการผลิตเดียวกัน

4. การพัฒนาสูตรซูปมันเทศกึ่งสำเร็จรูป

4.1 ผลการศึกษาปริมาณฟลาวมันเทศและปริมาณน้ำที่มีต่อคุณภาพของซูป

ฟลาวมันเทศมีองค์ประกอบหลักเป็นแป้ง ปริมาณการเติมในสูตรซูปจึงมีผลต่อความข้นหนืดของซูป และเนื่องจากการพัฒนาสูตรซูปซึ่งมีฟลาวมันเทศเป็นส่วนผสมหลัก ศึกษาโดยจัดตั้งทดลองแบบแฟกทอเรียล 3×2 ในแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณของฟลาวมันเทศที่เหมาะสมโดยมีอัตราส่วนของฟลาวมันเทศที่ระดับ 50, 60 และ 70 ส่วนต่อส่วนผสมอื่นๆในอัตราส่วนคงที่ 40 ส่วน ได้แก่ นมผง เกลือ โปรตีนจากถั่วเหลือง และครีมเทียม และปริมาณน้ำสำหรับละลายซูป ที่ระดับ 4 และ 5 เท่าของปริมาณของแห้ง

ความหนืดของซูปมันเทศทั้งสองพันธุ์แสดงในตารางที่ 21 เมื่อเพิ่มปริมาณฟลาวมันเทศที่ระดับน้ำเดียวกัน พบว่าซูปมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในอัตราส่วนที่มีปริมาณฟลาวมันเทศเท่ากันทำให้ซูปมีความหนืดลดลง และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าฟลาวมันต่อเปลือกให้ค่าความหนืดของซูปมากกว่าทำจากฟลาวมันไซในสูตรเดียวกัน ทั้งนี้จะเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของฟลาวทั้งสองพันธุ์ที่ต่างกัน

ตารางที่ 21 ค่าความหนืดของซูปมันไซที่ผลิตจากอัตราส่วนของฟลาวและน้ำแตกต่างกัน

อัตราส่วนฟลาวต่อ ส่วนผสมอื่นๆ	อัตราส่วนน้ำ (เท่าของน้ำหนัก ส่วนผสม)	ค่าความหนืดของซูปมันไซ* (เซนติพอยด์)	ค่าความหนืดของซูปมันต่อเปลือก* (เซนติพอยด์)
50:40	4	138.33 ± 1.83^c	176.56 ± 6.68^b
50:40	5	37.81 ± 2.72^c	32.50 ± 3.26^c
60:40	4	195.83 ± 2.26^b	343.75 ± 7.10^a
60:40	5	55.31 ± 2.25^{de}	71.35 ± 0.36^d
70:40	4	314.89 ± 5.04^a	343.75 ± 5.23^a
70:40	5	65.21 ± 1.18^d	113.64 ± 0.79^c

หมายเหตุ ^{a-d} ที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

*วัดค่าความหนืดของซูปอุณหภูมิ 40°C ด้วยเครื่อง Brookfield หัววัดเบอร์ SC-21 ที่ความเร็ว 160 รอบต่อนาที

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปมันเทศทั้งพันธุ์มันไข่ (ตารางที่ 22) และพันธุ์มันต่อเผือก (ตารางที่ 21) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในปัจจัยกลิ่นมันเทศ และกลิ่นรสมันเทศในแต่ละอัตราส่วนของฟลาวมันเทศและน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนปัจจัยรสชาติโดยรวม ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซูปสูตรที่มีอัตราส่วนของฟลาวมันเทศสูงกว่าจะมีค่าความหนืดมากกว่า และสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำในการละลายน้อยกว่าจะมีค่าความหนืดมากกว่าเช่นเดียวกัน จากตารางที่ 21 จะเห็นว่าสูตรซูปมันเทศทั้งสองพันธุ์ที่ใช้อัตราส่วน 50:40 และปริมาณน้ำ 5 เท่า จะมีค่าความหนืดต่ำสุด และสูตรที่ใช้อัตราส่วน 70:40 และปริมาณน้ำ 4 เท่า จะมีค่าความหนืดมากที่สุด ซึ่งทั้งสองสูตรนี้เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยกว่า สำหรับสูตรที่ใช้อัตราส่วน 50:40 และน้ำ 4 เท่ามีคะแนนความชอบเฉลี่ยในปัจจัยความหนืดสูงกว่าสูตรอื่น และมีผลให้คะแนนความชอบรวมมากกว่าด้วย จะเห็นได้ว่าซูปจากมันเทศทั้งสองพันธุ์ที่อัตราส่วน 70:40 และปริมาณน้ำ 4 เท่า มีคะแนนความชอบรวมต่ำกว่าสูตรอื่น ทั้งนี้จะเนื่องมาจากซูปมีความข้นหนืดมากเกินไป และรสชาติรวมด้อยกว่าสูตรอื่น สูตรที่มีอัตราส่วน 50:40 และ 60:40 โดยมีปริมาณน้ำ 4 เท่า ของซูปมันเทศทั้งสองพันธุ์มีคะแนนความชอบรวมระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงพิจารณาเลือกสูตรดังกล่าวของทั้งสองพันธุ์มันเทศไปศึกษาและปรับปรุงคุณภาพในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 22 คะแนนความชอบเฉลี่ยของซูปมันเทศพันธุ์มันไข่ที่อัตราส่วนของฟลาวและปริมาณน้ำต่างกัน

อัตราส่วนฟลาวต่อ ส่วนผสมอื่นๆ	อัตราส่วนน้ำ	กลิ่นมันเทศ (ns)	กลิ่นรสมันเทศ (ns)	รสชาติ โดยรวม	ความข้นหนืด	ความชอบ โดยรวม
50:40	4	6.9 ± 0.8	6.6 ± 0.8	6.6 ± 0.8^a	6.7 ± 1.0^a	6.6 ± 0.9^a
	5	6.6 ± 0.8	6.4 ± 0.8	6.3 ± 0.9^{ab}	5.9 ± 0.9^b	6.0 ± 1.0^b
60:40	4	6.6 ± 0.7	6.3 ± 0.9	6.0 ± 0.9^b	6.0 ± 1.2^b	6.2 ± 1.1^{ab}
	5	6.6 ± 0.8	6.2 ± 0.8	6.2 ± 1.0^{ab}	6.0 ± 1.0^b	6.0 ± 0.9^b
70:40	4	6.7 ± 0.8	6.3 ± 0.9	6.1 ± 1.0^{ab}	5.7 ± 1.3^b	5.7 ± 1.2^b
	5	6.6 ± 0.9	6.2 ± 0.8	6.5 ± 0.8^{ab}	6.0 ± 1.3^b	6.1 ± 1.1^b

หมายเหตุ ^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 23 คะแนนความชอบเฉลี่ยของซูปมันเทศพันธุ์มันต่อเปลือกที่อัตราส่วนของฟลาวและน้ำที่แตกต่างกัน

อัตราส่วนฟลาว ต่อส่วนผสมอื่นๆ	อัตราส่วนน้ำ	กลิ่นมันเทศ (ns)	กลิ่นรสมันเทศ (ns)	รสชาติโดยรวม	ความข้นหนืด	ความชอบ โดยรวม
50:40	4	6.9 ± 1.0	6.3 ± 0.9	6.4 ± 1.0 ^{ab}	6.5 ± 1.0 ^a	6.5 ± 1.0 ^a
	5	6.6 ± 0.9	6.2 ± 0.8	6.3 ± 0.9 ^{ab}	5.4 ± 1.2 ^c	5.7 ± 1.0 ^{bc}
60:40	4	6.9 ± 0.9	6.5 ± 0.9	6.6 ± 0.9 ^a	6.2 ± 1.4 ^{ab}	6.3 ± 1.1 ^{ab}
	5	6.6 ± 1.0	6.5 ± 1.0	6.4 ± 0.9 ^{ab}	5.6 ± 1.2 ^{bc}	5.6 ± 1.1 ^c
70:40	4	6.7 ± 0.9	6.1 ± 0.8	5.8 ± 1.0 ^b	4.7 ± 1.4 ^d	4.7 ± 1.2 ^d
	5	6.8 ± 0.9	6.4 ± 0.8	6.2 ± 0.9 ^{ab}	6.0 ± 1.4 ^{abc}	5.9 ± 1.1 ^{bc}

หมายเหตุ ^{a-d} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4.2 ผลการศึกษาปริมาณนมผงและครีมเทียมที่มีต่อคุณภาพของซูป

จัดสิ่งทดลอง 2x3 แฟกทอเรียล ในแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนฟลาวมันเทศ 2 ระดับที่ 50:40 และ 60:40 และอัตราส่วนระหว่างนมผงและครีมเทียม 3 ระดับ คือ 17:12, 22:7 และ 27:2 (น้ำหนักรวมของนมผงและครีมเทียม คือ 29 กรัม) โดยที่ปริมาณนมผงต่ำสุดคือ 17 กรัมในส่วนผสมที่ไม่ใช่ฟลาวมันเทศทั้งหมด 40 กรัม เพื่อคงปริมาณโปรตีนขั้นต่ำเอาไว้ (1.5 กรัมต่อซูปผงหนึ่งหน่วยบริโภค 25 กรัม) ดังนั้นปริมาณครีมเทียมต้องลดลงเป็นสัดส่วนกันเพื่อคงอัตราส่วนเดิมในสูตร

จากผลการวัดค่าความหนืดของซูปมันเทศทั้งสองพันธุ์ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณนมผง ซูปมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 24) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโปรตีนในนมมีผลให้ความหนืดเพิ่ม จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปมันเทศที่ผลิตจากฟลาวมันเทศทั้งสองพันธุ์ พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นรสมันเทศ และรสเค็ม มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในทุกระดับของอัตราส่วนฟลาวมันเทศและสัดส่วนของครีมและนม ดังแสดงในตารางที่ 25-26 ส่วนคุณลักษณะด้านความหนืดในปากและความชอบโดยรวม พบว่าที่ระดับของอัตราส่วน 50:40 มีคะแนนความชอบมากกว่าที่อัตราส่วน 60:40 และเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของปริมาณนมผงมากขึ้น ส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมและความข้นหนืดลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความหนืดของซูปที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 24) ที่ระดับนมผงต่อครีมเท่ากับ 17:12 มีคะแนนความชอบด้านความหนืดและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างทางสถิติกับที่ระดับนมผงต่อครีมเทียมเท่ากับ 22:7 ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกสูตรที่มีสัดส่วนนมผงต่อครีมเทียมเท่ากับ 22:7 เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนในซูปผงมากกว่า (1.62 กรัม) เมื่อคิดที่ปริมาณซูปผงเท่ากัน (ระดับนมผงต่อครีมเทียมเท่ากับ 17:12 มีโปรตีน 1.41 กรัมต่อซูปผง 25 กรัม)

ตารางที่ 24 ค่าความหนืดของซูปที่ผลิตจากอัตราส่วนของฟลาวและนมผงต่อครีมเทียมแตกต่างกัน

อัตราส่วนฟลาวต่อ ส่วนผสมอื่นๆ	อัตราส่วนนมผง ต่อครีมเทียม	ค่าความหนืดของซูปมันไข่* (เซนติพอยส์)	ค่าความหนืดของซูปมันต่อเปลือก* (เซนติพอยส์)
50:40	17:12	138.33 ± 1.83^d	176.56 ± 6.68^e
50:40	22:7	171.35 ± 2.73^{cd}	218.54 ± 2.74^d
50:40	27:2	165.21 ± 3.79^{cd}	280.10 ± 2.90^c
60:40	17:12	195.83 ± 2.26^{bc}	343.75 ± 5.15^a
60:40	22:7	217.71 ± 4.55^b	312.81 ± 7.86^b
60:40	27:2	292.81 ± 4.28^a	343.75 ± 6.20^a

หมายเหตุ ^{a-d} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

* วัดค่าความหนืดซูปอุณหภูมิ 40°C ด้วยเครื่อง Brookfield หัววัดเบอร์ SC-21 ที่ความเร็ว 160 รอบต่อนาที

ตารางที่ 25 คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อคุณลักษณะของซูปพันธุ์มันไข่ที่ใช้อัตราส่วนของฟลาวและนมผงต่อครีมเทียมแตกต่างกัน

อัตราส่วน		กลิ่นโดยรวม ^{ns}	กลิ่นรสมัน	รสเค็ม ^{ns}	ความข้น	ความชอบ
ฟลาวมันเทศ นมผง:ครีมเทียม			เทศ ^{ns}		หนืด	โดยรวม
50	17:12	6.8 ± 0.9	6.7 ± 0.8	6.3 ± 0.8	6.7 ± 0.9 ^a	6.7 ± 0.8 ^a
	22:7	6.5 ± 0.9	6.5 ± 0.9	6.5 ± 1.0	6.7 ± 0.9 ^a	6.5 ± 0.8 ^{ab}
	27:2	6.6 ± 1.0	6.4 ± 0.9	6.4 ± 0.9	6.1 ± 1.2 ^b	6.1 ± 1.2 ^{bc}
60	17:12	6.6 ± 0.9	6.5 ± 1.0	6.2 ± 1.2	6.2 ± 1.0 ^{ab}	6.1 ± 1.1 ^{bc}
	22:7	6.5 ± 1.0	6.3 ± 1.0	6.2 ± 1.2	6.0 ± 1.1 ^b	5.8 ± 1.0 ^c
	27:2	6.6 ± 0.8	6.3 ± 1.0	6.0 ± 1.2	5.7 ± 1.0 ^b	5.6 ± 1.0 ^c

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 26 คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อคุณลักษณะของซูปพันธุ์มันต่อเปลือกที่ใช้อัตราส่วนของฟลาวและนมผงต่อครีมเทียมแตกต่างกัน

อัตราส่วน ฟลาวมันเทศ นมผง:ครีมเทียม	กลั่นโดยรวม ^{ns}	กลั่นรส มันเทศ ^{ns}	รสเต็ม ^{ns}	ความขื่นหนืด	ความชอบ โดยรวม
17:12	6.9 ± 0.8	6.9 ± 0.8	6.5 ± 1.0	6.7 ± 0.9 ^a	6.8 ± 0.9 ^a
50 22:7	6.6 ± 0.9	7.0 ± 0.8	6.7 ± 1.0	6.6 ± 1.3 ^{ab}	6.6 ± 1.1 ^{ab}
27:2	6.8 ± 0.9	6.7 ± 0.9	6.8 ± 0.9	5.9 ± 1.3 ^{bc}	6.1 ± 1.1 ^{bc}
17:12	6.7 ± 0.8	6.6 ± 0.8	6.5 ± 1.1	6.1 ± 1.2 ^{bc}	6.1 ± 1.0 ^{bc}
60 22:7	6.6 ± 0.9	6.7 ± 1.0	6.3 ± 1.3	5.7 ± 1.4 ^{cd}	5.9 ± 1.3 ^c
27:2	6.8 ± 0.9	6.5 ± 1.0	6.1 ± 1.1	5.2 ± 1.1 ^d	5.2 ± 1.1 ^d

หมายเหตุ ^{a-d} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

นำสูตรซูปที่คัดเลือกทั้งสองพันธุ์มันเทศมาประเมินความชอบและความพอดีในแต่ละคุณลักษณะของซูป ผลการประเมินความชอบ พบว่าซูปจากพันธุ์มันไซมีคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลางทุกคุณลักษณะ ส่วนการประเมินความพอดี พบว่า ทุกคุณลักษณะที่ประเมินได้รับคะแนนระดับพอดีตั้งแต่ร้อยละ 77.4-93.5 (ตารางที่ 27) ส่วนผลการทดสอบความชอบของซูปจากพันธุ์มันต่อเปลือก พบว่ามีคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลางในทุกคุณลักษณะ ยกเว้นด้านสีของซูปที่มีความชอบเล็กน้อย เมื่อประเมินความพอดีของคุณลักษณะต่างๆ พบว่า สีของซูปที่ได้ยังเข้มมากไป อย่างไรก็ตามมีคะแนนความพอดีอยู่ค่อนข้างสูงที่ร้อยละ 60 ส่วนคุณลักษณะอื่นๆ ของซูปนั้นได้รับการประเมินอยู่ในระดับพอดีแล้ว คือร้อยละ 80.0-83.3 (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 27 คะแนนความชอบเฉลี่ยและระดับความพอดีของซูปจากพันธุ์มันไซ

คุณลักษณะของซูป	คะแนนความชอบ	ร้อยละความถี่ของความพอดี		
		1= น้อยไป	2=พอดี	3= มากไป
สีเหลือง	7.1 ± 1.0	6.5	77.4	16.1
กลั่นมันเทศ	7.3 ± 0.8	9.7	87.1	3.2
กลั่นรสมันเทศ	7.2 ± 0.8	6.5	93.5	0
รสเต็ม	7.3 ± 0.8	6.5	83.9	9.7
ความหนืดในปาก	7.3 ± 0.8	6.5	90.0	3.2
ความชอบโดยรวม	7.4 ± 0.7			

ตารางที่ 28 คะแนนความชอบเฉลี่ยและระดับความพอใจของซูปจากพันธุ์มันต่อเผือก

คุณลักษณะของซูป	คะแนนความชอบ	ร้อยละความถี่ของความพอใจ		
		1= น้อยไป	2=พอดี	3= มากไป
สีน้ำตาล	6.1 ± 1.3	0	60.0	40.0
กลิ่นมันเทศ	6.9 ± 1.0	13.3	80.0	6.7
กลิ่นรสมันเทศ	7.2 ± 0.8	13.3,	83.3	3.3
รสเค็ม	7.2 ± 0.9	16.7	83.3	0
ความหนืดในปาก	7.0 ± 1.0	0	80.0	20.0
ความชอบโดยรวม	6.9 ± 0.8			

ดังนั้นในการศึกษาการพัฒนาสูตรของซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูปครั้งนี้จะพิจารณาเลือกสูตรที่มีอัตราส่วนผสมของฟลาวมันเทศที่ระดับ 50:40 อัตราส่วนของนมผงต่อครีมเทียมเป็น 22:7 และใช้อัตราส่วนน้ำในการละลายซูปผงเป็นซูปพร้อมบริโภคที่ 4 เท่า และสามารถสรุปสูตรเป็นร้อยละของส่วนผสมแต่ละชนิดได้ดังตารางที่ 29 และนำไปวิเคราะห์คุณภาพในการศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่ 29 ร้อยละของส่วนผสมในสูตรซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูป

ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)	ปริมาณ(ร้อยละ)
ฟลาวมันเทศ	50.0	55.56
น้ำตาลทราย	6.2	6.89
โปรตีนถั่วเหลือง	3.0	3.33
เกลือ	1.8	2.00
ครีมเทียม	7.0	7.78
นมผง	22.0	24.44

5. คุณภาพของซูปมันเทศ

นำผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศที่พัฒนาได้จากฟลาวมันเทศพันธุ์มันไข่และมันต่อเผือกมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 30 และ 31 ตามลำดับ

5.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ

ซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูปพันธุ์มันไข่มีสีเหลืองนวล โดยมีค่าสีด้านความสว่าง (L^*) 80.12 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) 6.16 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 29.13 ส่วนซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูปพันธุ์มันต่อเผือกมีสีคล้ำกว่าพันธุ์มันไข่ โดยมีค่าสีด้านความสว่าง (L^*) 75.24 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) 7.48 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 22.28 เมื่อผสมน้ำได้ซูปมันเทศพร้อมบริโภคที่มีความสว่างลดลง ดังแสดงในตารางที่ 31 ซูปมันเทศจากฟลาวมันไข่ และจากฟลาวมันต่อเผือกมีค่าความหนืดเท่ากับ 175.42 และ 240.75 เซนติพอยส์ ตามลำดับ

ตารางที่ 30 ค่าสีและความหนืดของซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูปและซูปมันเทศพร้อมบริโภค

ชนิดซูป	L^*	a^*	b^*	ความหนืด (เซนติพอยส์)
ซูปกิ่งสำเร็จรูป				
พันธุ์มันไข่	80.16 ± 0.08	6.15 ± 0.07	29.03 ± 0.23	-
พันธุ์มันต่อเผือก	75.24 ± 2.06	7.48 ± 0.37	22.28 ± 0.69	-
ซูปพร้อมบริโภค				
พันธุ์มันไข่	62.86 ± 0.14	5.01 ± 0.05	29.44 ± 0.03	175.42 ± 4.25
พันธุ์มันต่อเผือก	51.75 ± 0.11	7.12 ± 0.04	19.02 ± 0.05	240.75 ± 7.52

5.2 คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซูปกิ่งสำเร็จรูป พบว่า ซูปจากพันธุ์มันไข่มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3.72, 12.55, 0.20, 0.41, 5.55 และ 77.57 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.319 ส่วนซูปจากพันธุ์มันต่อเผือก มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.51, 12.45, 0.13, 0.46, 4.91 และ 79.54 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.325 จะเห็นได้ว่าการบริโภคซูปมันเทศในหนึ่งหน่วยบริโภค (25 กรัม) จะได้รับพลังงานประมาณ 97 กิโลแคลอรี มีโปรตีนประมาณ 3.12 กรัม คิดเป็นร้อยละ 6.25 ของปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับต่อวัน ซึ่งซูปมันเทศนี้มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าซูปกิ่งสำเร็จรูปทางการค้า (0-3% RDI) และมีปริมาณไขมันต่ำ 0.03-0.05 กรัม (ซูปทางการค้ามีปริมาณไขมันประมาณ 1.5-4.5 กรัมต่อหน่วยบริโภค) และปริมาณแร่ธาตุสูง มีปริมาณโซเดียม 188 มิลลิกรัมสำหรับสูตรจากมันต่อเผือก และ 302 มิลลิกรัมสำหรับสูตรจากมันไข่ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าซูปทางการค้า (310-650 มิลลิกรัม) ดังนั้นการบริโภคซูปมันเทศที่พัฒนาได้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้สูงอายุ ซูป

มันเทศกึ่งสำเร็จรูปจากมันเทศที่พัฒนาได้แสดงในภาพที่ 11 ชุปมันเทศพร้อมบริโภครวมกับมันเทศพันธุ์มันไข่ และมันต่อเผือก แสดงในภาพที่ 12 และ 13 ตามลำดับ

ตารางที่ 31 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของชุพมันเทศกึ่งสำเร็จรูป

องค์ประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	ชุพมันเทศกึ่งสำเร็จรูป	
	พันธุ์มันไข่	พันธุ์มันต่อเผือก
ความชื้น	3.72 ± 0.08	2.51 ± 0.22
โปรตีน	12.55 ± 0.92	12.45 ± 0.49
ไขมัน	0.20 ± 0.01	0.13 ± 0.01
เส้นใยหยาบ	0.41 ± 0.08	0.46 ± 0.16
เถ้า	5.55 ± 0.59	4.91 ± 0.02
คาร์โบไฮเดรต	77.57 ± 1.09	79.54 ± 0.13



(ก)



(ข)

ภาพที่ 11 ชุปมันเทศกึ่งสำเร็จรูปจากมันเทศพันธุ์ (ก) มันต่อเผือก และ(ข) มันไข่



ภาพที่ 12 ชูปมันเทศพร้อมบริโกลที่พัฒนาได้จากมันเทศพันธุ์มันไข่



ภาพที่ 13 ชูปมันเทศพร้อมบริโกลที่พัฒนาได้จากมันเทศพันธุ์มันต่อเผือก

6. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศถึงสำเร็จรูปที่พัฒนาได้จากพันธุ์มันไข่และมันต่อเผือก โดยเตรียมเป็นซูปพร้อมบริโภค ทำการทดสอบกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 140 คน แบ่งเป็นกลุ่มผู้ที่มีอายุระหว่าง 50-59 ปี และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 32 - 34

6.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์

ผลการทดสอบประกอบด้วยกลุ่มผู้บริโภคเพศชายร้อยละ 30.00 และเพศหญิงร้อยละ 70.00 ซึ่งมีอายุระหว่าง 50-59 ปีจำนวนร้อยละ 47.90 และกลุ่มผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปร้อยละ 52.10 ผู้บริโภคร้อยละ 25.00 เกษียณอายุหรือไม่ได้ทำงานแล้วซึ่งเป็นผู้บริโภคในอายุ 60 ปีขึ้นไป ส่วนใหญ่มีการศึกษาดำรงปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 60.70 และร้อยละ 51.40 มีรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท ส่วนใหญ่ร้อยละ 85.70 อาศัยอยู่บ้านของตัวเอง (ตารางที่ 32)

6.2 พฤติกรรมการบริโภคและการยอมรับซูปมันเทศ

ผู้บริโภคโดยเฉพาะที่อายุ 60 ปีขึ้นไปชอบรับประทานซูป มีเพียงร้อยละ 5 ของผู้บริโภคทั้งหมดเท่านั้นที่ไม่ชอบซูป แต่ความถี่ในการรับประทานนั้นส่วนใหญ่บริโภคน้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งจะรับประทานในช่วงเวลาอาหารเช้ามามากที่สุด รองลงมาคือในช่วงอาหารเย็น ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์ซูปแบบขนาดเล็กสำหรับบริโภคครั้งเดียว และเมื่อให้ผู้บริโภคทดสอบผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศที่จัดเตรียมให้โดยสอบถามผู้บริโภคถึงคะแนนความชอบต่อปัจจัยคุณภาพของซูปมันเทศได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสมันเทศ รสเค็ม ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลางทั้งสองชนิดซูป ซูปที่ผลิตจากฟลาวมันเทศพันธุ์มันไข่มีคะแนนอยู่ในช่วง 7.1-7.4 ในทุกปัจจัยทดสอบ ส่วนซูปที่ผลิตจากฟลาวพันธุ์มันต่อเผือกมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.6-7.1 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดซูปในแต่ละปัจจัยคุณภาพ พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยคุณภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นรสเค็ม (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 32 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์		ร้อยละ	
		50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป
เพศ	ชาย	15.70	14.30
	หญิง	32.10	37.90
อายุ		47.90	52.10
อาชีพ	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	14.30	2.10
	ธุรกิจส่วนตัว	10.00	3.60
	พนักงานเอกชน	5.70	1.40
	เกษตรกร	0.00	0.70
	พ่อบ้าน แม่บ้าน	6.40	10.70
	เกษียณอายุราชการ/ไม่ได้ทำงานแล้ว	0.00	25.00
	อื่นๆ (เช่น รับจ้าง)	11.40	8.60
ระดับการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	22.10	38.60
	ปริญญาตรี	20.00	10.00
	สูงกว่าปริญญาตรี	5.70	3.60
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 15,000 บาท	17.90	33.50
	15,000 – 30,000 บาท	12.90	10.70
	มากกว่า 30,000 บาท	17.10	7.90
ที่พักอาศัย	บ้านของตัวเอง	41.40	44.30
	อาศัยกับลูกหลาน	5.70	7.20
	บ้านเช่า/สถานสงเคราะห์	0.70	0.70

ตารางที่ 33 ข้อมูลทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภค

ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภค		ร้อยละ	
		50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป
ความชอบต่อการบริโภค	ชอบ	23.60	32.90
บริโภค	เฉยๆ	22.90	15.70
	ไม่ชอบ	1.40	3.60
ความถี่ในการบริโภค	ทุกวัน	1.40	2.10
ชุป (จำนวนครั้งต่อสัปดาห์)	มากกว่า 4	2.10	0.70
	3-4	2.90	2.90
	1-2	8.60	5.70
	น้อยกว่า 1	32.90	40.70
ช่วงเวลาในการรับประทาน	อาหารเช้า	22.75	28.57
รับประทาน	ระหว่างอาหารเช้าและกลางวัน	5.19	3.27
	อาหารกลางวัน	4.55	3.91
	ระหว่างอาหารกลางวันและเย็น	3.91	2.64
	อาหารเย็น	8.37	7.19
	ระหว่างอาหารเย็นและก่อนนอน	1.92	7.82
ลักษณะการซื้อและบริโภค	ซื้อขนาดเล็ก รับประทานครั้งเดียว	28.60	29.30
บริโภค	ซื้อขนาดใหญ่ รับประทานได้หลายครั้ง	5.70	11.40
	ไม่ซื้อ เติร์มเอง	13.60	11.40

ตารางที่ 34 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคสองกลุ่มที่มีต่อชุปจากมันไข่และชุปจากมันต่อเผือก

คุณลักษณะ	ชุพจากมันไข่		ชุพจากมันต่อเผือก	
	50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป	50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป
ลักษณะปรากฏ	6.9±1.3	7.2±1.2	6.3±1.6	6.7±1.4
กลิ่นโดยรวม	6.9±1.2	7.1±1.3	6.1±1.5	6.9±1.3
กลิ่นรสมันเทศ	7.0±1.2	7.3±1.1	6.6±1.5	7.2±1.0
รสเค็ม	6.8±1.5	7.3±0.9	6.6±1.6	7.2±1.0
ความข้นหนืด	7.0±1.3	7.5±0.8	6.6±1.5	7.1±1.0
ความชอบโดยรวม	7.2±1.1	7.6±0.9	6.7±1.4	7.3±1.0

หมายเหตุ: ^{a,b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 35 การยอมรับของผู้บริโภคสองกลุ่มที่มีต่อซูปพร้อมบริโภคมันไข่และซูปจากมันต่อเปลือก

คุณลักษณะ	ซูปจากมันไข่		ซูปจากมันต่อเปลือก	
	50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป	50-59 ปี	60 ปีขึ้นไป
ยอมรับ (ร้อยละ)	88.2	97.2	80.9	95.8
ไม่ยอมรับ (ร้อยละ)	11.8	2.8	19.1	4.2

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ซูปมันเทศที่พัฒนาได้ทั้งจากฟลาวพันธุ์มันไข่และมันต่อเปลือกได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคส่วนใหญ่ โดยสัดส่วนการยอมรับซูปมันเทศทั้งสองพันธุ์มาจากกลุ่มผู้อายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่ากลุ่มอายุ 50-59 ปี (ตารางที่ 35) และเมื่อถามถึงชนิดซูปมันเทศที่ชอบมากกว่า พบว่า ร้อยละ 54.30 เลือกซูปที่ผลิตจากมันไข่ ร้อยละ 25.70 เลือกซูปที่ผลิตจากมันต่อเปลือก ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 20.00 ชอบซูปทั้งสองชนิดเท่ากัน ผู้บริโภคร้อยละ 78.60 ให้ความเห็นว่าซูปมันเทศที่พัฒนาได้นี้ไม่จำเป็น ต้องปรุงแต่งกลิ่นรส มีเพียงร้อยละ 21.40 ซึ่งเป็นความเห็นจากกลุ่มอายุ 50-59 ปี ร้อยละ 14.30 และกลุ่มผู้สูงอายุร้อยละ 7.10 ที่เห็นว่าซูปมันเทศนี้ควรมีการปรับปรุงกลิ่นรส เพิ่มความหอม และเพิ่มรสเค็มเพื่อให้ซูปน่ารับประทานมากขึ้น และมีรสกลมกล่อมขึ้น จากผลการทดสอบผู้บริโภคในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ซูปมันเทศที่ผลิตจากฟลาวมันเทศทั้งสองพันธุ์มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมา และกลุ่มผู้สูงอายุให้การตอบสนองที่ดี

สรุป

1. การสำรวจความต้องการของผู้บริโภคต่อการพัฒนาสุปมันเทศกิ่งสำเร็จรูป พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการสุปมันเทศที่มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านเส้นใยอาหาร โปรตีน และสารต้านออกซิเดชัน โดยสุปผงสำเร็จรูปควรมีลักษณะเป็นผงละเอียด เมื่อผสมน้ำเป็นสุปแล้วควรมีเนื้อสัมผัสข้นปานกลาง และมีความชอบในกลิ่นรสของสุปสามลำดับแรก คือ กลิ่นรสตั้มยำ กลิ่นรสหมู และกลิ่นรสธรรมชาติจากมันเทศ
 2. การวิเคราะห์คุณภาพของมันเทศที่มีเนื้อสีต่างกัน 4 พันธุ์ พบว่า พันธุ์มันต่อเผือกและมันเกษตรมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.51 และ 4.16 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แม่โจ้และมันไข่ซึ่งมีร้อยละ 2.65 และ 2.45 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่มันไข่มีปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 3.94 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่ามันเกษตร มันต่อเผือก และแม่โจ้ ส่วนสมบัติในการต้านออกซิเดชันของมันเทศ พบว่ามันต่อเผือกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าพันธุ์มันไข่ มันเกษตร และแม่โจ้ ตามลำดับ ปริมาณแคโรทีนทั้งหมดตรวจพบในพันธุ์มันไข่สูงที่สุด รองมาคือ มันเกษตร มันต่อเผือก และแม่โจ้ ดังนั้นได้เลือกพันธุ์มันต่อเผือกและมันไข่เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาเป็นสุปมันเทศกิ่งสำเร็จรูปเพราะมีคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงกว่าพันธุ์เกษตรและแม่โจ้
 3. ผลของกระบวนการแปรรูป พบว่าการอบแห้งมันเทศด้วยตู้อบลมร้อน ส่งผลให้มันเทศที่ได้มีค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นในมันเทศทั้งสองพันธุ์ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาผลของความชื้นของวัตถุดิบและความเร็วรอบของสกรูในการแปรรูปด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันต่อคุณภาพฟลาวมันเทศ พบว่า ปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและมีผลต่อคุณภาพฟลาวมากกว่าความเร็วรอบของสกรู การผลิตที่ระดับความชื้นต่ำสุด (ร้อยละ 10) ส่งผลให้ฟลาวมันเทศที่ได้มีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงมากกว่าฟลาวมันเทศเริ่มต้น อย่างไรก็ตามสภาวะการผลิตที่ปริมาณความชื้นต่ำ ส่งผลให้คุณลักษณะของฟลาวที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มและมีกลิ่นเหมือนน้ำตาลไหม้ ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการผลิตฟลาวมันเทศเพื่อพัฒนาเป็นสุปที่ระดับความชื้นร้อยละ 13 และความเร็วรอบของสกรูที่ 325 และ 400 รอบต่อนาที จากการศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปโดยวิธีลูกกลิ้งร้อน พบว่า อุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่เหมาะสมคือ 140 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ฟลาวมันเทศที่ได้มีสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันสูงมากกว่าระดับอุณหภูมิอื่นๆ ในมันเทศทั้งสองพันธุ์
- การพิจารณาเลือกวิธีการผลิตฟลาวมันเทศเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาสุปมันเทศกิ่งสำเร็จรูป โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบของตัวอย่างจำลองคล้ายสุปจากฟลาวมันเทศที่ผลิตจากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันและโดยวิธีลูกกลิ้งร้อน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของสุปที่ผลิตจากฟลาวซึ่งเตรียมโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันมากกว่าวิธีลูกกลิ้งร้อนในพันธุ์มันไข่ ส่วนพันธุ์มันต่อเผือกมีคะแนนความชอบต่อกลิ่นรส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ฟลาวที่ผลิตด้วยวิธีเอ็กซ์ทรูชันได้รับคะแนนความชอบต่อกลิ่นมันเทศมากกว่า ดังนั้นจึงเลือกฟลาวทั้งสองพันธุ์ที่ผลิตโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันในการพัฒนาสูตรสุปมันเทศ

4. ผลการพัฒนาสูตรซูปมันเทศ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อสูตรซูปที่ผลิตจากฟลาวมันเทศในอัตราส่วนฟลาวต่อส่วนผสมอื่นๆ 50:40 และมีอัตราส่วนของนมผงต่อครีมเทียมเท่ากับ 22:7 ละลายผงซูปโดยใช้อัตราส่วนน้ำ 4 เท่า สูตรซูปที่พัฒนาได้จากฟลาวพันธุ์มันไข่มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะในระดับชอบปานกลาง ซูปที่พัฒนาได้จากฟลาวพันธุ์มันต่อเผือก มีคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย ด้านสี ส่วนคุณลักษณะอื่นๆ ชอบในระดับปานกลาง

5. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของซูปที่พัฒนาได้ พบว่า ซูปกึ่งสำเร็จรูปจากพันธุ์มันไข่ มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 80.12, 6.16 และ 29.13 ตามลำดับ ซูปกึ่งสำเร็จรูปจากพันธุ์มันต่อเผือก มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 75.24, 7.48 และ 22.28 ตามลำดับ ซูปมันเทศในหนึ่งหน่วยบริโภค (25 กรัม) จะได้รับพลังงานประมาณ 97 กิโลแคลอรี มีโปรตีนประมาณ 3.12 กรัม คิดเป็นร้อยละ 6.25 ของปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับต่อวัน

6. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมของซูปมันเทศจากพันธุ์มันไข่และมันต่อเผือกอยู่ในระดับชอบปานกลาง ผู้บริโภคให้การยอมรับซูปมันเทศสูง ผู้บริโภคที่อายุตั้งแต่ 60 ปี ให้การยอมรับในปริมาณสูงกว่าผู้บริโภคที่อายุ 50-59 ปี ซูปมันเทศที่พัฒนาได้นี้จึงเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสำหรับผู้สูงอายุ และผู้บริโภควัยอื่นๆ สามารถบริโภคได้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- มาลินี พิทักษ์, สมศรี บุญเรือง และ รังสิมันต์ สัมฤทธิ์. 2542. การปลูกมันเทศ. กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร.
- มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. 2551. สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2550. แหล่งที่มา: http://tgri.thainhf.org/document/edoc/edoc_774.pdf, วันที่ 22 กันยายน 2552.
- ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2544. **หลักโภชนาการ**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำเร็จรูป**. มอก. 462-2548. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ. 2549. **ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย**. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Altan, A., K.L. McCarthy and M. Maskan. 2008. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. **J. Food Eng.** 84: 231-242.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000. **Approved Methods**. 10th ed. The American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Anderson, R.A. H.F. Conway, V.F. Pferifer and E.L. Griffen. 1969. Gelatinization of corn grits and by roll and extrusion cooking. **Cereal Sci. Today**. 14: 4-7.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official Methods of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Bengtsson, A., A. Namutebi, M. L. Alminger and U. Svanberg. 2008. Effects of various traditional processing methods on the all-trans-b-carotene content of orange-fleshed sweet potato. **J. Food Composition and Analysis** 21: 134-143.
- Bovell-Benjamin, A.C. 2007. Sweet potato: A Review of its past, present, and future role in human nutrition. In S.L. Taylor, ed. **Advances in Food and Nutrition Research V. 52**. Academic Press Elsevier Inc., USA
- Breen, M.D., A.A. Seyam and O.S. Banasile. 1997. The Effect of Milk by product and Soy protein on physical characteristic of expand snack-food. **Cereal Chem.** 54(14): 728-736.
- Brennan, C., M. Brennan, E. Derbyshire and B.K. Tiwar. 2011. Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. **Trends Food Sci. Technol** 22: 570-575.
- Chen, Z., H.A. Schols and A.G.J. Voragen. 2003. Physicochemical properties of starches obtained from three varieties of Chinese sweet potatoes. **J. Food Sci.** 68 (2): 431-437.
- Dewantov, V., X. Wu, K.K. Adom and R.H. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **J. Agric. Food Chem.** 50: 3010-3014.

- Ding, Q.-B., P. Ainsworth, A. Plunkett, G. Tucker and H. Marson. 2006. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. **J. Food Eng.** 73: 142-148.
- Durge, A.V., S. Sarkar and R.S. Singhal. 2011. Stability of anthocyanins as pre-extrusion colouring of rice extrudates. **Food Res Inter** doi:10.1016/j.foodres.2011.05.017
- Fournier, E. 2005. Colorimetric quantification of carbohydrates. In R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. **Handbook of Food Analytical Chemistry**. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, USA.
- Hagenimana, A., X. Ding and T. Fang. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. **J. Cereal Sci.** 43: 38-46.
- Huang, Y. H., D. H. Picha, A. W. Kilili and C. E. Johnson. 1999. Changes in invertase activities and reducing sugar content in sweet potato stored at different temperatures. **J. Agric. Food Chem.** 47: 4927-4931.
- Huang, Y-C, Y-H. Chang and Y-Y. Shao. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. **Food Chem.** 98: 529-538.
- Kidmose, U., L. P. Christensen, S. M. Agili and S. H. Thilsted. 2007. Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 8: 399-406.
- Kim, D.K., K.W. Lee, H.J. Lee and C.Y. Lee. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **J. Agric. Food Chem.** 50: 3713-3717.
- Kpodo, K.A. and W.A. Plahar. 1992. Effects of extrusion variables and starch modification on the puffing characteristics of yam (*Dioscorea alata*) flours. **Food Control** 3(4): 200-204.
- Lee, J., R.W. Durst and R.E. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. **J. AOAC Int.** 88: 1269-1278.
- Leong, S.Y. and I. Oey. 2012. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. **J. Food Chem.** 133: 1577-1587.
- Ma, S., J.L. Silva, J.O. Hearnberger and J.O. Garner, Jr. 1992. Prevention of enzymatic darkening in frozen sweet potatoes [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] by water blanching: Relationship among darkening, phenols, and polyphenol oxidase activity. **J. Agric. Food Chem.** 1092 (40): 864-867.

- Meng, X., D. Threinen, M. Hansen and D. Driedger. 2010. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour based snack. **Food Research Inter** 43: 650-658.
- Mezreb, K., A. Goullieux, R. Ralainirina and M. Queneudec. 2003. Application of image analysis to measure screw speed influence on physical properties of corn and wheat extrudates. **J. Food Eng.** 57(2): 145-152.
- Mora-Rochin, S., J.A. Gutiérrez-Urbe, S.O. Serna-Saldivar, P. Sánchez-Peña, C. Reyes-Moreno and J. Milán-Carrillo. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. **J. Cereal Sci.** 52: 502-508.
- Nayak, B., J.J. Berrios, J.R. Powers and J. Tang. 2011. Effect of extrusion on the antioxidant capacity and color attributes of expanded extrudates prepared from purple potato and yellow pea flour mixes. **J. Food Sci.** 76(6): C874-882.
- Perez, A.A., S.R. Drago, C.R. Carrara, D.M. De Greef, R.L. Torres and R.J. Gonzalez. 2008. Extrusion cooking of a maize/soybean mixture: Factors affecting expanded product characteristics and flour dispersion viscosity. **J. Food Eng.** 87: 333-340.
- Ravindran, V., G. Ravindran, R. Sivakanesan and S.B. Rajaguru. 1995. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **J. Agric. Food Chem.** 43: 2646-2651.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine** 26 (9/10): 1231-1237.
- Rufian-Henares, J.A. and C. Delgado-Andrade. 2009. Effect of digestive process on maillard reaction indexes and antioxidant properties of breakfast cereals. **Food Research Inter** 42: 394-400.
- Sharma, P., H.S. Gujral and B. Singh. 2012. Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking. **Food Chem.** 131: 1406-1413.
- Shih, M.C., C.C. Kuo and W. Chiang. 2009. Effects of drying and extrusion on color, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes. **Food Chem.** 117: 114-121.
- Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M. Lamuela-Raaventos. 1999. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology** 299: 152-178.

- Smirnoff, N. 2005. Ascorbate, tocopherol and carotenoids: Metabolism, pathway engineering and functions, p. 75-78. *In* N. Smirnoff, ed. **Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants**. Blackwell Publishing Ltd, UK.
- Soison, B., K. Jangchud, A. Jangchud, T. Harnsilawat and K. Piyachomkwan. 2010. Physicochemical properties of starches extracted from different flesh colors of Thai commercial sweet potato varieties. IFT10 Annual Meeting, Chicago, IL, USA.
- Stojceska, V., P. Ainsworth, A. Plunkett and S. Ibanoglu. 2009. The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready to eat snacks made from food by-products. **Food Chem.** 114: 226-232.
- Stojceska, V., P. Ainsworth, A. Plunkett, E. Ibanoglu and S. Ibanoglu. 2008. Cauliflower by products as a new source of dietary fiber, antioxidants and protein in cereal based ready-to-eat expanded snacks. **J. Food Eng.** 87: 554-563.
- Teow, C.C., V.D. Truong, R.F. McFeeters, R.L. Thompson, K.V. Pecota and G.C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colors. **Food Chem.** 103: 829-838.
- Truong, V.D., R.L. Thompson and R.F. McFeeters. 2004. Phenolic compounds and antioxidant capacity of commercial sweet potato cultivars. **Book of Abstracts, 2004 IFT (Institute of Food Technologists) Annual Meeting and Food Expo**, 13-16 July 2004, Las Vegas, Nevada, USA.
- Zhang, Z., C. C. Wheatley and H. Corke. 2002. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. **Postharvest Biology and Technology** 24: 317-325.
- Zielinski, H., A. Michalska, M.K. Piskula and H. Kozłowska. 2006. Antioxidants in thermally treated buckwheat groats. **Molecular Nutrition Food Research** 50(9): 824-832.

ภาคผนวก

แบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจทัศนคติ พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูปปิ้งสำเร็จรูป

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจทัศนคติ พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูปปิ้งสำเร็จรูปซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ของ นางสาวใบศรี สร้อยสน นิสิตปริญญาเอก สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปปิ้งมันเทศกึ่งสำเร็จรูปให้มีคุณลักษณะและคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อไป จึงใคร่ขอความกรุณาและความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามนี้ตามความเป็นจริง โดยแบบสอบถามมีทั้งหมด 5 หน้า แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ซูปปิ้ง

ส่วนที่ 3 ความต้องการของผู้บริโภคต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปปิ้งกึ่งสำเร็จรูป

คำอธิบาย

“ซูปปิ้งสำเร็จรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยเนื้อสัตว์หรือพืช เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ กล้วย ฝรั่ง ผสมกับเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส และอาจมีการผสมส่วนประกอบอื่น เช่น แป้ง เส้นบะหมี่ พาสต้า ผ่านกรรมวิธีทำให้แห้งหรือใช้ส่วนประกอบที่ทำให้แห้งแล้วมาผสมกันโดยรักษาคุณภาพและกลิ่นรสของส่วนประกอบไว้ นำมาทำให้สุกตามวิธีที่ระบุไว้ที่ฉลาก รับประทานได้ในเวลาไม่เกิน 10 นาที” (มอก. 462-2548)

ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายในการสำรวจครั้งนี้แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 50-59 ปี และผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป

ขอแสดงความนับถือ

ผู้วิจัย

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

สำหรับเจ้าหน้าที่

1. เพศ ☐ 1. ชาย ☐ 2. หญิง 1. ☐

2. อายุ ☐ 1. 50 - 59 ปี ☐ 2. 60 - 69 ปี ☐ 3. 70 - 79 ปี 2. ☐
☐ 4. 80 ปีขึ้นไป

3. สถานภาพการทำงาน 3. ☐

- ☐ 1. ข้าราชการ/เกษียณอายุ ☐ 2. ธุรกิจส่วนตัว ☐ 3. พนักงานเอกชน
☐ 4. เกษตรกร ☐ 5. พ่อบ้าน/แม่บ้าน ☐ 6. อื่นๆ ระบุ.....

4. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ 4. ☐

- ☐ 1. ประถมศึกษา ☐ 2. มัธยมศึกษา ☐ 3. มัธยมปลาย/ปวช.
☐ 4. อนุปริญญา/ปวส. ☐ 5. ปริญญาตรี ☐ 6. ปริญญาโท
☐ 7. ปริญญาเอก

5. รายได้เฉลี่ยของท่านต่อเดือน 5. ☐

- ☐ 1. ต่ำกว่า 5,000 บาท ☐ 2. 5,000 – 10,000 บาท ☐ 3. 10,001 – 20,000 บาท
☐ 4. 20,001 – 30,000 บาท ☐ 5. 30,000 บาทขึ้นไป

6. ที่อยู่ปัจจุบัน 6. ☐

- ☐ 1. บ้านของตัวเอง ☐ 2. อาศัยอยู่กับลูกหลาน/ญาติ
☐ 3. บ้านพักคนชรา/สถานสงเคราะห์

ไปรษณีย์ อำเภอ..... จังหวัด.....

ส่วนที่ 2: ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ซูป

สำหรับเจ้าหน้าที่

7. ปัจจุบันใครเป็นผู้เตรียมอาหารให้ท่านรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

Code 0 (ไม่มี), 1 (มี)

- ☐ 1. เตรียมด้วยตัวเอง ☐ 2. ลูกหลานเตรียม ☐ 3. แม่บ้าน/ลูกจ้างเตรียม
☐ 4. ซื้ออาหารมารับประทาน ☐ 5. อื่นๆ ระบุ.....

7.1 ☐ 7.2 ☐ 7.3 ☐

7.4 ☐ 7.5 ☐

8. โดยปกติแล้วท่านรับประทานอาหารในรูปแบบใดต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ 1. อาหารที่ปรุงสุกใหม่ ☐ 2. อาหารแปรรูปถึงสำเร็จรูป
☐ 3. อาหารแปรรูปพร้อมบริโภค ☐ 4. อื่นๆ ระบุ.....

8.1 ☐ 8.2 ☐

8.3 ☐ 8.4 ☐

9. ท่านชอบรับประทานซูปหรือไม่

- ☐ 1. ชอบ ☐ 2. เฉยๆ ☐ 3. ไม่ชอบ

9. ☐

10. ท่านรับประทานซูปบ่อยแค่ไหน

- ☐ 1. ทุกวัน ☐ 2. มากกว่า 4 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 3. 3-4 ครั้ง/สัปดาห์
☐ 4. 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 5. น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 6. อื่นๆระบุ.....

10. ☐

11. ท่านรับประทานซูปในช่วงเวลาใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

Code 0 (ไม่มี), 1 (มี)

- ☐ 1. มื้อเช้า ☐ 2. ระหว่างมื้อเช้าและกลางวัน
☐ 3. มื้อกลางวัน ☐ 4. ระหว่างมื้อกลางวันและมื้อเย็น
☐ 5. มื้อเย็น ☐ 6. ระหว่างมื้อเย็นและก่อนนอน

11.1 ☐ 11.2 ☐

11.3 ☐ 11.4 ☐

11.5 ☐ 11.6 ☐

12. ประเภทของซูปที่ท่านชอบรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ 1. ซูปใส ☐ 2. ซูปข้น/ซูปครีม

12.1 ☐ 12.2 ☐

13. ท่านเคยพบปัญหาในการรับประทานซูปหรือไม่

- ☐ 1. เคยพบ ☐ 2. ไม่เคยพบ

13. ☐

ถ้าเคยพบ กรุณาระบุปัญหาที่ท่านพบ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

13.1.1 ☐ 13.1.2 ☐

- ☐ 1. รสหวานเกินไป ☐ 2. รสเค็มเกินไป ☐ 3. มันครีมมากเกินไป
☐ 4. เนื้อสัมผัสหยาบเกินไป ☐ 5. เนื้อสัมผัสละเอียดเกินไป ☐ 6. ข้นเกินไป
☐ 7. เหลวเกินไป ☐ 8. กลิ่นไม่ดี (เช่น อับ หืน) ☐ 9. อื่นๆระบุ.....

13.1.3 ☐ 13.1.4 ☐

13.1.5 ☐ 13.1.6 ☐

13.1.7 ☐ 13.1.8 ☐

13.1.9 ☐

14. ท่านซื้อซูปรับประทานเองหรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ 1. ซื้อเอง ☐ 2. ไม่ได้ซื้อเอง
☐ 3. รับประทานเอง/ลูกหลานทำ (ข้ามไปตอบข้อ 17)

14.1 ☐ 14.2 ☐

14.3 ☐

15. ลักษณะการซื้อและการบริโภคซูป

สำหรับเจ้าหน้าที่

- ☐ 1. ซื้อขนาดเล็กเฉพาะรับประทานครั้งเดียว
- ☐ 2. ซื้อขนาดใหญ่รับประทานหลายๆ ครั้ง
- ☐ 3. อื่นๆ โปรดระบุ.....

15. ☐

16. ยี่ห้อของซูปที่ท่านเลือกซื้อหรือคนอื่นซื้อมาให้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

16.1 ซูปที่ผลิตในประเทศ

16.1.1 ☐ 16.1.2 ☐

- ☐ 1. คนอร์ ☐ 2. โวโน ☐ 3. มาลี
- ☐ 4. คิวคิว ☐ 5. นวัตกรรม ☐ 6. เลดี้แอนนา
- ☐ 7. เทสโก้ ☐ 8. อื่นๆ ระบุ.....

16.1.3 ☐ 16.1.4 ☐16.1.5 ☐ 16.1.6 ☐16.1.7 ☐ 16.1.8 ☐

16.2 ซูปที่นำเข้าจากต่างประเทศ

16.2.1 ☐ 16.2.2 ☐

- ☐ 1. บรุค (Brooks) ☐ 2. โปรเกรสโซ (Progreso) ☐ 3. อีราสโก (Erasco)
- ☐ 4. ลีโก้ (Ligo) ☐ 5. คอนติเนนทอล (Continental) ☐ 6. พอคก้า (Pokka)
- ☐ 7. แคมเบลล์ (Campbell) ☐ 8. โอทาโกะ (Otago) ☐ 9. อื่นๆ ระบุ.....

16.2.3 ☐ 16.2.4 ☐16.2.5 ☐ 16.2.6 ☐16.2.7 ☐ 16.2.8 ☐16.2.9 ☐

17. รูปแบบของซูปที่ท่านเลือกซื้อ หรือ ชอบรับประทาน

- ☐ 1. ซูปสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน ☐ 2. ซูปผงกึ่งสำเร็จรูปแบบเติมน้ำร้อน
- ☐ 3. ซูปผงกึ่งสำเร็จรูปแบบเติมน้ำแล้วดื่มเดี๋ยวนั้น ☐ 4. อื่นๆ ระบุ.....

17. ☐

18. กรุณาให้ระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อหรือการบริโภคของคุณของท่าน
โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง □ ตามระดับความสำคัญที่ให้ (1=น้อยที่สุด จนถึง 5=มากที่สุด)

ปัจจัยการเลือกซื้อหรือบริโภค	ระดับความสำคัญ					สำหรับเจ้าหน้าที่
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	
18.1 มีรสชาติอร่อยถูกปาก	☐	☐	☐	☐	☐	18.1 ☐
18.2 มีกลิ่นหอมน่ารับประทาน	☐	☐	☐	☐	☐	18.2 ☐
18.3 มีสีสัณฐานน่ารับประทาน	☐	☐	☐	☐	☐	18.3 ☐
18.4 มีคุณค่าทางโภชนาการ	☐	☐	☐	☐	☐	18.4 ☐
18.5 มีปริมาณโซเดียมต่ำ	☐	☐	☐	☐	☐	18.5 ☐
18.6 มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์	☐	☐	☐	☐	☐	18.6 ☐
18.7 มีส่วนผสมของผัก	☐	☐	☐	☐	☐	18.7 ☐
18.8 สามารถเตรียมรับประทานได้ง่าย	☐	☐	☐	☐	☐	18.8 ☐
18.9 บรรจุในภาชนะที่สวยงามสะอาดตา	☐	☐	☐	☐	☐	18.9 ☐
18.10 ภาพลักษณ์ของตราสินค้า/ยี่ห้อ ที่น่าเชื่อถือ	☐	☐	☐	☐	☐	18.10 ☐
18.11 ราคาเหมาะสม	☐	☐	☐	☐	☐	18.11 ☐
18.12 สามารถหาซื้อได้ง่าย	☐	☐	☐	☐	☐	18.12 ☐
18.13 การโฆษณาและส่งเสริมการขาย	☐	☐	☐	☐	☐	18.13 ☐

ส่วนที่ 3: ความต้องการของผู้บริโภคต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นสำเร็จรูป

สำหรับเจ้าหน้าที่

19. หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (สำหรับผู้สูงอายุ)
โดยมีแนวคิดคือ “ผลิตจากมันเทศผงที่ผ่านการทำให้สุกแล้วซึ่งมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
ผสมกับผักอบแห้งและส่วนผสมที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน วิตามิน แคลเซียม เป็นชุมชนท้องถิ่น
สำเร็จรูปที่เตรียมง่าย สามารถรับประทานได้สะดวกเพียงแค่เติมน้ำร้อนหรือเข้าเตาไมโครเวฟ 1-2 นาที”
ท่านเห็นด้วยกับแนวคิดนี้หรือไม่

19. ☐

- ☐ 1. เห็นด้วย เพราะ.....
☐ 2. ไม่เห็นด้วย เพราะ.....

20. ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นสำเร็จรูป (สำหรับผู้สูงอายุ) มีการเพิ่มคุณค่าทาง
โภชนาการในด้านใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

Code 0(ไม่มี), 1(มี)

- ☐ 1. โปรตีน เช่น นมผง โปรตีนถั่วเหลือง ☐ 2. โยอาหาร เช่น เติมน้ำตาล ระบุชนิด..... 20.1 ☐ 20.2 ☐
☐ 3. วิตามิน ระบุชนิด..... ☐ 4. แร่ธาตุ ระบุชนิด..... 20.3 ☐ 20.4 ☐
☐ 5. สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานิน แคโรทีน สารประกอบฟีนอลิก 20.5 ☐ 20.6 ☐
☐ 6. คาร์โบไฮเดรต ☐ 7. อื่นๆ ระบุ..... 20.7 ☐

21. ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศผงถึงสำเร็จรูป (สำหรับผู้สูงอายุ) มีคุณลักษณะแบบใด

21.1 ด้านลักษณะปรากฏ (ตอบ 1 ตัวเลือกเท่านั้น)

- ☐ 1. พงละเอียด เนื้อเดียวกันทั้งหมด ☐ 2. พงหยาบ เนื้อเดียวกันทั้งหมด 21.1 ☐
- ☐ 3. พงละเอียด มีผลให้เห็นเป็นชั้นเล็กๆ ☐ 4. พงหยาบ มีผลให้เห็นเป็นชั้นเล็กๆ

21.2 ด้านเนื้อสัมผัสเมื่อรับประทาน (ตอบ 1 ตัวเลือกเท่านั้น)

- ☐ 1. เหลว ☐ 2. ขึ้นเล็กน้อย 21.2 ☐
- ☐ 3. ขึ้นปานกลาง แบบขก้วยดื่มได้ ☐ 4. ขึ้นมาก แบบข้นดกเท่านั้น

21.3 ด้านกลิ่นรสของซูปมันเทศ (ตอบ 1 ตัวเลือกเท่านั้น)

- ☐ แบบหวาน (กรุณาเลือก 1 กลิ่นรส) 21.3 ☐

- ☐ 1. กลิ่นรสวานิลลา ☐ 2. กลิ่นรสนม ☐ 3. กลิ่นรสคาราเมล 21.3.1 ☐
- ☐ 4. กลิ่นรสผลไม้ ระบุ..... ☐ 5. อื่นๆ ระบุ.....

- ☐ แบบคาว (กรุณาเลือก 1 กลิ่นรส) 21.3.2 ☐

- ☐ 1. กลิ่นรสต้มยำ ☐ 2. กลิ่นรสหมู ☐ 3. กลิ่นรสไก่
- ☐ 4. กลิ่นรสบาร์บีคิว ☐ 5. กลิ่นรสชาวนคริม ☐ 6. อื่นๆ ระบุ.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

แบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจทัศนคติ พฤติกรรมและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูป

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจทัศนคติ พฤติกรรมและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูป ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ของ นางสาวใบศรี สร้อยสน นิสิตปริญญาเอก สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัย จึงใคร่ขอความกรุณาและความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามนี้ตามความเป็นจริง โดยแบบสอบถามมีทั้งหมด 4 หน้า แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ซูป

ส่วนที่ 3 ข้อมูลความชอบและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ซูปมันเทศ

คำอธิบาย

ซูปมันเทศกิ่งสำเร็จรูป เป็นซูปที่ผลิตจากมันเทศเป็นส่วนประกอบหลัก โดยนำมันเทศมาผ่านกระบวนการทำให้สุก แล้วทำเป็นผง ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการและมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ผสมกับส่วนผสมที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีนถั่วเหลือง นมผง เป็นซูปผงกิ่งสำเร็จรูปที่เตรียมง่าย สามารถรับประทานได้สะดวกเพียงแค่น้ำร้อนหรือเข้าเตาไมโครเวฟ 1-2 นาที

ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายในการสำรวจครั้งนี้แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 50-59 ปี และผู้สูงอายุ 60 ปี ขึ้นไป

ขอแสดงความนับถือ

ผู้วิจัย

--:-- ขอขอบคุณที่เสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามค่ะ --:--

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

สำหรับเจ้าหน้าที่

1. เพศ ☐ 1. ชาย ☐ 2. หญิง 1. ☐

2. อายุ ☐ 1. 50 - 59 ปี ☐ 2. 60 - 69 ปี ☐ 3. 70 - 79 ปี 2. ☐
☐ 4. 80 ปีขึ้นไป

3. สถานภาพการทำงาน 3. ☐
 - ☐ 1. ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ☐ 2. ธุรกิจส่วนตัว ☐ 3. พนักงานเอกชน
 - ☐ 4. เกษตรกร ☐ 5. พ่อบ้าน/แม่บ้าน ☐ 6. เกษียณอายุ ไม่ได้ทำงานแล้ว
 - ☐ 7. อื่นๆ ระบุ.....

4. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ 4. ☐
 - ☐ 1. ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ 2. ปริญญาตรี ☐ 3. สูงกว่าปริญญาตรี

5. รายได้เฉลี่ยของท่านต่อเดือน 5. ☐
 - ☐ 1. ต่ำกว่า 15,000 บาท ☐ 2. 15,000 – 30,000 บาท
 - ☐ 3. 30,000 บาทขึ้นไป

6. ที่อยู่ปัจจุบัน 6. ☐
 - ☐ 1. บ้านของตัวเอง ☐ 2. อาศัยอยู่กับลูกหลาน/ญาติ
 - ☐ 3. บ้านพักคนชรา/สถานสงเคราะห์ โปรดระบุ อำเภอ..... จังหวัด.....

ตัวอย่าง 2: ชูปจากมันต่อเผือก (รหัส 970)

คุณลักษณะ ของชูป	ระดับความชอบ								
	ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ ว่าชอบหรือ ไม่ชอบ (5)	ชอบ เล็กน้อย (6)	ชอบ ปานกลาง (7)	ชอบ มาก (8)	ชอบ มากที่สุด (9)
	(1)	(2)	(3)	(4)					
ลักษณะปรากฏ	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
กลิ่นโดยรวม	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
กลิ่นรสมันเทศ	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
รสเค็ม	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ความชื้นหนืด	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ความชอบโดยรวม	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

12. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ชูปมันเทศนี้หรือไม่

- รหัส 482 ☐ 1. ยอมรับ
☐ 2. ไม่ยอมรับ เพราะ.....

- รหัส 970 ☐ 1. ยอมรับ
☐ 2. ไม่ยอมรับ เพราะ.....

13. หากมีผลิตภัณฑ์ชูปมันเทศนี้วางจำหน่าย โดยบรรจุชูปมันเทศผงกึ่งสำเร็จรูปในซองอูมิเนียมฟอยล์ ขนาดบรรจุของละ 25 กรัม เมื่อผสมน้ำร้อน 100 มล. จะได้ชูปพร้อมรับประทานขนาดประมาณ 125 มล. ซึ่งให้พลังงาน 98 กิโลแคลอรี ขายในราคา 15 บาทต่อซอง ท่านจะซื้อหรือไม่

- รหัส 482 ☐ 1. ซื้อ
☐ 2. ไม่ซื้อ เพราะ.....

- รหัส 970 ☐ 1. ซื้อ
☐ 2. ไม่ซื้อ เพราะ.....

14. ท่านคิดว่าชูปมันเทศนี้ควรมีการปรุงแต่งกลิ่นรสหรือไม่

- ☐ ไม่ควรปรุงแต่ง เพราะ.....
☐ ควรปรุงแต่ง เพราะ.....
 ชนิดของกลิ่นรสที่ควรปรุงแต่งคือ.....

ข้อเสนอแนะ.....
