บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เส้นใยอาหาร (Dietary fiber, DF) ประกอบด้วยส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตจากพืช ทั้งในรูปของโอลิโกแซ็กคาไรด์และโพลีแซ็กคาไรด์ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สารประกอบเพกติน กัม แป้งที่ทนต่อการย่อย (Resistant starch, RS) อินนูลิน และลิกนิน (Elleuch *et al*., 2010) เส้นใยอาหารไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ในลำไส้เล็กของมนุษย์ แต่อาจถูกย่อยได้บางส่วน หรือถูกย่อยได้ทั้งหมดในลำไส้ใหญ่ โดยพบว่าส่วนใหญ่ของเส้นใยอาหารเป็นส่วนที่รับประทานได้ของเซลล์พืช ทั้งนี้ผนังเซลล์ของผลไม้ ผัก และธัญพืชเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารที่มนุษย์นำมาบริโภคมากที่สุด (Jimenez et al., 2000)

เส้นใยอาหารมีความสำคัญต่อร่างกายของมนุษย์ โดยอาหารที่มีเส้นใยอาหารสูงสามารถป้องกัน ลด และช่วยรักษาโรคบางชนิด (Anderson *et al*., 1994) ตัวอย่างเช่น โรคหัวใจ ท้องผูก การระคายเคืองลำไส้ มะเร็งลำไส้ และโรคเบาหวาน เป็นต้น (Eim *et al*., 2007) องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเส้นใยอาหารมีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยอาหาร ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการดูดจับไขมัน รวมถึงการทำงานของระบบกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็กในมนุษย์แตกต่างกัน (Chau and Huang, 2003) เส้นใยแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber, SDF) และเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber, IDF) เส้นใยที่ได้จากผลไม้ และผักมีอัตราส่วนของเส้นใยที่ละลายน้ำสูง ขณะที่เส้นใยจากธัญพืชมีเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสซึ่งไม่ละลายน้ำมากกว่า (Figuerala et al., 2005)

ผลไม้นอกจากมีความสำคัญในการเป็นแหล่งของสารอาหารหลายชนิดได้แก่ โพแทสเซียม วิตามินซี กรดโฟลิก และยังปราศจากคลอเลสเตอรอลแล้ว (Kahlon and Smith, 2006) ยังพบว่าผลไม้ประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่มีคุณภาพดีกว่าเส้นใยอาหารจากแหล่งอื่น เช่น ธัญพืช เนื่องจากเส้นใยอาหารจากผลไม้มีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ความสามารถในการการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน และการถูกหมักในลำไส้ใหญ่สูงกว่าเส้นใยอาหารจากธัญพืช และยังพบว่าปริมาณของกรด ไฟติกของเส้นใยอาหารจากผลไม้มีค่าต่ำกว่าที่พบในเส้นใยอาหารจากธัญพืชอีกด้วย นักวิจัยหลายคณะ(Figuerola *et al*., 2005; Saura-Calixto, 1998; Vergara-Valencia *et al*., 2007) รายงานว่าเส้นใยอาหารจากผลไม้มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล และแคโรทีนเป็นองค์ประกอบด้วย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับ โดยถือเป็นกลไกการรักษาสุขภาพอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการป้องกันโรคร้ายแรงหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรค อัลไซเมอร์ เป็นต้น (อนุชิตา มุ่งงาม, 2553) เส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant dietary fiber, AODF) คือผลิตผลที่ประกอบด้วยเส้นใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ โดย 1 กรัมของเส้นใยอาหาร

ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระควรมีปริมาณเส้นใยมากกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนักแห้ง (วัดด้วยวิธีของ AOAC) และมีความสามารถในการขับอนุมูลอิสระเท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (วัดด้วยวิธี DPPH˙) AODF ในปริมาณที่เพียงพอสามารถลดปริมาณไลโพโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density lipoprotein; LDL) ในกระแสเลือดได้ และช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (Saura-Calixto, 1998)

จากการศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยอาหารเมื่อเสริมในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอาหารประเภทที่ส่งเสริมให้มีความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด และค่าดัชนีไกลซิมิคสูง พบว่าเส้นใยอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้การถูกย่อยได้ของอาหารลดลง เนื่องจากทำให้เกิดการย่อยของอาหารอย่างช้าๆในลำไส้เล็ก (Trinidad et al., 2010) การดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็กจะลดลง ทำให้ปริมาณกลูโคส และปฏิกิริยาของอินนูลินในเลือดต่ำหลังจากรับประทานอาหาร (Hu et al., 2004) นอกจากนี้เส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้ยังมีประโยชน์ในการขจัดสารพิษจากกระบวนการ เมทาบอลิซึมที่เป็นอันตราย จากการศึกษาเปรียบเทียบกับ Cholestyramine ซึ่งเป็นยาลดคลอเรสเตอรอล พบว่าเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้สามารถจับกับกรดน้ำดีที่สังเคราะห์ขึ้นในตับ จึงส่งผลให้ระดับคลอเรสเตอรอลลดลงเช่นเดียวกับ Cholestyramine (Kahlon and Smith, 2006)

เส้นใยอาหารจากกระบวนการผลิต และแหล่งที่แตกต่างกันมีความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมี และเคมีกายภาพ ความแตกต่างของคุณสมบัติดังกล่าวส่งผลให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยอาหารมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยอาหารจากพืชขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำต่อเส้นใยที่ละลายน้ำ สภาวะในการผลิตและแหล่งที่มาของเส้นใยอาหารเป็นต้น (Figuerola et al., 2005)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงกระบวนการผลิตเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้สองชนิด คือ มะม่วง และฝรั่ง ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของเส้นใยอาหาร ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ผลของเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้ต่อคุณสมบัติต่างๆ ของแป้งข้าวเจ้า เพื่อเป็นแนวทางในการนำเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ รวมทั้งศึกษาผลของเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยมุ่งศึกษาถึงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงการถูกย่อยได้ของแป้งข้าวเจ้า

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเส้นใยอาหารจากมะม่วง และฝรั่งที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาผลของเส้นใยอาหารจากมะม่วง และฝรั่งที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน และที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้า
3. เพื่อศึกษาผลของเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากมะม่วงและฝรั่งต่อการถูกย่อยได้ของแป้งข้าวเจ้า

สมมติฐานของการวิจัย

1. เส้นใยอาหารจากมะม่วง และฝรั่งจากกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน

2. เส้นใยอาหารจากมะม่วง และฝรั่งจากกรรมวิธีการผลิตและที่ความเข้มข้นแตกต่างกันมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าแตกต่างกัน

3. การเติมเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจากมะม่วง และฝรั่งลงในแป้งข้าวเจ้ามีผลต่อการถูกย่อยได้ของแป้งข้าวเจ้า

ความสำคัญของการวิจัย

1. ด้านการเกษตร ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นการส่งเสริมให้ผู้บริโภคชาวไทย และชาวต่างชาติทราบข้อมูลด้านโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในอีกแง่มุมหนึ่งของผลไม้ของไทย ๒ ชนิดคือ มะม่วง และฝรั่ง ช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคหันมารับประทานผลไม้ของไทยมากขึ้น ส่งผลต่อเนื่องให้เกษตรกรชาวไทยสามารถจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรได้เพิ่มขึ้น เป็นการช่วยสร้างความมั่นคงในอาชีพของเกษตรกรไทยได้อีกทางหนึ่ง

2. ด้านอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้จะทำให้ทราบกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิต AODF จากมะม่วง และฝรั่งให้มีคุณสมบัติทางเคมี เคมีกายภาพ รวมทั้งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคตามที่ผู้ผลิตต้องการ สามารถนำความรู้ส่วนนี้ไปต่อยอดเพื่อผลิต AODF เพื่อจำหน่ายในทางการค้า นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังมีการทดลองศึกษาผลของ AODF ต่อการเปลี่ยนแปลงการถูกย่อยได้ของแป้งข้าวเจ้า ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิจัยและพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ตระหนักถึงความสำคัญด้านสุขภาพเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

3. ด้านสุขภาพ ได้อาหารเพื่อสุขภาพที่มีประสิทธิภาพในการป้องกัน และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคบางชนิด เช่น โรคอ้วน เบาหวาน และโรคหลอดเลือดอุดตัน เป็นต้น

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวอย่างผลไม้ 2 ชนิดได้แก่ มะม่วง และฝรั่ง ซึ่งนำไปผ่านกรรมวิธีการผลิตเส้นใยอาหาร 4 วิธี โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง รายละเอียดของตัวแปรที่ศึกษาในการทดลองต่างๆ เป็นดังนี้

การทดลองที่ 1: การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเส้นใยอาหาร

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1. ตัวแปรอิสระ

กรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งเส้นใยอาหารจากมะม่วง หรือฝรั่ง 4 วิธี ได้แก่ 1) การผลิตเส้นใยอาหารแบบสด 2) การผลิตโดยทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด 3) การผลิตโดยทำแห้งแบบแช่

เยือกแข็ง 4) การผลิตโดยทำให้เส้นใยอาหารเหลือเฉพาะส่วนของของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์และไม่ผ่านการทำแห้ง

2. ตัวแปรตาม

2.1 คุณสมบัติทางเคมี

2.1.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณแป้งทั้งหมด

2.1.2 ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ และเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

2.1.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

2.1.4 ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

2.2.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

2.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

การทดลองที่ 2: ผลของเส้นใยอาหารจากมะม่วง หรือฝรั่งต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้า ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1. ตัวแปรอิสระ

1.1 กรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งเส้นใยอาหารจากมะม่วง หรือฝรั่ง 4 วิธี ได้แก่ 1) การผลิตเส้นใยอาหารแบบสด 2) การผลิตโดยทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด 3) การผลิตโดยทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 4) การผลิตโดยทำให้เส้นใยอาหารเหลือเฉพาะส่วนของของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์และไม่ผ่านการทำแห้ง

1.2 ความเข้มข้นของเส้นใยอาหารจากมะม่วง หรือฝรั่ง 4 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0, 2.5, 5.0, และ 7.5

2. ตัวแปรตาม

2.1 คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดขณะให้ความร้อน

2.2 คุณสมบัติด้านรีโอโลจี

2.3 คุณสมบัติด้านความร้อน

การทดลองที่ 3: ผลของเส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจากมะม่วงและฝรั่งต่อการถูกย่อยได้ของแป้งข้าวเจ้า ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1. ตัวแปรอิสระ

ความเข้มข้นของเส้นใยอาหารจากมะม่วง หรือฝรั่งจากกรรมวิธีการผลิตซึ่งให้เส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 0, 2.5, 5.0, และ 7.5

2. ตัวแปรตาม

2.1 ปริมาณแป้งที่ย่อยได้อย่างรวดเร็ว (Rapidly digestible starch, RDS)

2.2 ปริมาณแป้งที่ย่อยได้ช้า (Slow digestible starch, SDS)

2.3 ปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อย (Resistant starch, RS)

2.4 ดัชนีในการถูกย่อยได้ของแป้ง (Starch digestibility index, SDI)

นิยามศัพท์เฉพาะ

การย่อยได้ของแป้ง (Starch digestibility) หมายถึง ความสามารถในการย่อยได้ของแป้งโดยเอนไซม์ในลำไส้เล็กของร่างกาย (Frei et al., 2003) องค์ประกอบของแป้งสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทตามความสามารถในการย่อยได้ของแป้งดังนี้ 1) แป้งส่วนที่ถูกย่อยได้อย่างรวดเร็ว (Rapidly digesting starch; RDS), 2) แป้งส่วนที่ถูกย่อยได้อย่างช้าๆ (Slowly digesting starch; SDS), และ 3) แป้งส่วนที่ทนทานต่อการย่อย (Resistant starch) (Singh, Dartois and Kaur, 2010)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นสารที่สามารถยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือเป็นสารที่ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับ (อนุชิตา มุ่งงาม, 2553)

สารออกฤทธิ์ชีวภาพ (Bioactive Compounds) หมายถึง สารที่เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายนอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการปกติแล้ว ยังมีผลดีต่อสรีระและระบบต่างๆของร่างกาย ทำให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันโรค สามารถป้องกันโรคได้หากได้รับในปริมาณที่เพียงพอและสม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น วิตามินอี เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน โพลีฟีนอล และไอโซฟลาโวน เป็นต้น (อนุชิตา มุ่งงาม, 2553)

เส้นใยอาหาร (Dietary fiber) หมายถึง ส่วนของพืชที่สามารถรับประทานได้หรือเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ทนต่อการย่อยและการดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ แต่จะเกิดการหมักบางส่วนหรือทั้งหมดภายในลำไส้ใหญ่ เส้นใยอาหารประกอบไปด้วย โพลีแซ็คคาไรด์ โอลิโกแซ็คคาไรด์ ลิกนิน และสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีประโยชน์ที่มีผลทางกายภาพ ได้แก่ การระบาย การลดคลอเลสเตอรอลในเลือด และ การลดปริมาณกลูโคสในเลือด (Van der Kamp et al., 2004)

เส้นใยอาหารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant dietary fiber; AODF) คือ ผลิตผลที่ประกอบด้วยปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่พบในเส้นใย โดย 1 กรัม ของ AODF ควรมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม (วัดด้วยวิธี Thiocyanate procedure) และขับอนุมูลอิสระเท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (ตรวจวัดด้วย DPPH radical scavenging assay) (Saura-Calixto, 1998)