แป้งทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์: แป้งเพื่อสุขภาพ

กุหลาบ สิทธิสวนจิก*

*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจด้านสุขภาพมากขึ้น อาหารมีส่วนประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยให้มนุษย์มีสุขภาพดี ดังนั้นการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารนอกจากจะให้ความสำคัญในด้านความปลอดภัย ความสะดวกและความอร่อยแล้ว ผู้บริโภคยังพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการทำให้ประเภทอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) ได้รับความนิยมสูงมากในปัจจุบัน

แป้ง (starch) นอกจากเป็นอาหารหลักและแหล่งของพลังงานที่สำคัญของมนุษย์แล้วยังเป็นอาหารเพื่อสุขภาพประเภทหนึ่ง ปัจจุบันพบว่าในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำแป้งมาผลิตเป็นสารที่ใช้ทดแทน เช่นในการผลิต มอลโท-เด็กทริน (maltodextrin) ใช้เป็นสารทดแทนไขมันและการผลิตแป้งที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กของมนุษย์ (แป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์) ที่มีสมบัติคล้ายเส้นใยอาหาร (dietary fiber)นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการเป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของอาหารแล้วแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์มีประโยชน์ต่อร่างกายในการป้องกันการเกิดโรค เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง และลดปริมาณน้ำตาลในเลือดสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน เป็นต้น ปัจจุบันพบว่า แป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ได้รับความนิยมสูงในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารเพื่อสุขภาพและเพิ่มมูลค่าในผลิตภัณฑ์อาหาร (Mitra et al., 2007; Vatanasuchart et al., 2009)

อาหารเพื่อสุขภาพ (functional food)

กระทรวงสวัสดิการและสุขภาพ (Japan Ministry of Health and Welfare, MHW) ได้ให้คำจำกัดความ “อาหารเพื่อสุขภาพ” คือ ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนประกอบของสารอาหารหรือสารประกอบจากธรรมชาติที่ช่วยส่งเสริมให้ร่างกายสามารถทำงานได้ดีขึ้น และให้สารอาหารเพิ่มขึ้น รวมทั้งช่วยเพิ่มการทำงานของกลไกของระบบต่างๆ ในร่างกาย และช่วยป้องกันโรค เช่น ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ความผิดปกติที่เป็นมาแต่กำเนิดของระบบเมแทบอลิซึม และช่วยชะลอความแก่ (มลศิริ วีโรทัย, 2545)

องค์ประกอบของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืช เกิดจากเม็ดคลอโรพลาสในใบสีเขียวของพืช และแอไมโลพลาสต์ในเมล็ดและพืชหัว (Sajilata et al., 2006) คำว่า “แป้ง” ในด้านการผลิต หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ โดยมีโปรตีน ไขมัน และเกลือแร่ปริมาณน้อย แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ (polymer) พื้นฐานที่สำคัญ 2 ชนิด คือ

1) แอไมโลส (amylase) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสไม่เกิน 6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะอัลฟา-1,4ไกลโคซิดิก (α-1,4 glucosidic bond)

2) แอไมโลเพกติน (amylopectin) เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะอัลฟา-1,4ไกลโคซิดิก และพอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะอัลฟา-1,6 ไกลโคซิดิก (α-1,6 glucosidic bond) (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (resistant starch)

แป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ ตามคำนิยามของ European FLAIR-Concerted Action on Resistant Starch หมายถึง แป้งและผลิตภัณฑ์ของแป้งที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก ไม่สามารถดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546) แต่ถูกหมักโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ ปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$RS = TS - (RDS + SDS)$$

โดยที่ RS คือ แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก (resistant starch)

TS คือ ปริมาณแป้งทั้งหมด (total starch)

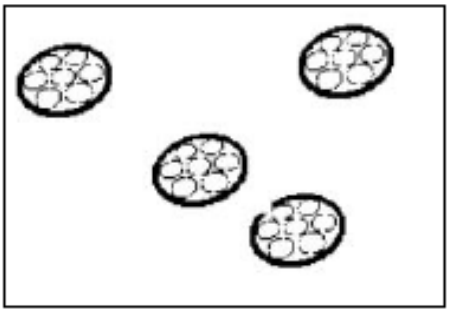
RDS คือ แป้งที่สามารถถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลกลูโคสโดยเอนไซม์ในร่างกายได้อย่างรวดเร็ว (rapidly digested starch)

SDS คือแป้งที่สามารถถูกย่อยโดยเอนไซม์ในร่างกายได้อย่างช้าๆ (slowly digested starch) และสามารถถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลกลูโคสได้อย่างสมบูรณ์

ประเภทของแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

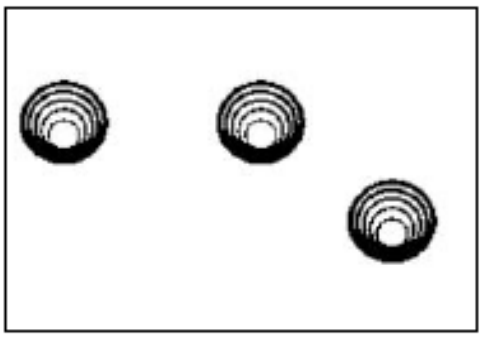
แป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (RS) แบ่งได้ 4 ประเภท ได้แก่

1. ชนิดที่ 1 (RS_1) คือ แป้งที่มีลักษณะทางกายภาพขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ (physically inaccessible) พบในเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการบดเพียงบางส่วน พืชตระกูลถั่ว (legumes) และผัก เป็นต้น แป้งชนิดนี้ทนต่อความร้อน และใช้ในส่วนผสมของอาหาร มีลักษณะโครงสร้างดังภาพที่ 1



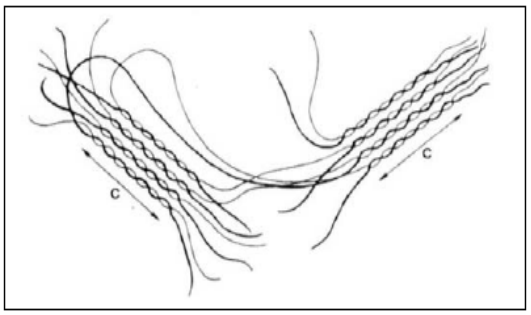
ภาพที่ 1 โครงสร้างของแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ชนิดที่ 1 (RS_1)
ที่มา (Sajilata et al., 2006)

2. ชนิดที่ 2 (RS_2) คือ เม็ดแป้งดิบที่ทนต่อการทำงานของเอนไซม์ (raw or ungelatinized starches) พบในแป้งที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้แป้งสุก เช่น เม็ดแป้งกล้วยดิบ เม็ดแป้งมันฝรั่งดิบ และแป้งแอไมโลสสูง มีลักษณะโครงสร้างดังภาพที่ 2 โดยกล้วยที่อยู่ในรูปของผงแป้งจะมีปริมาณของแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์สูงถึงร้อยละ 52.1 (โดยน้ำหนักแห้ง) ทำให้เอนไซม์แอไมเลสไม่สามารถย่อยได้และไม่เกิดเจลาทิไนซ์ (gelatinize)



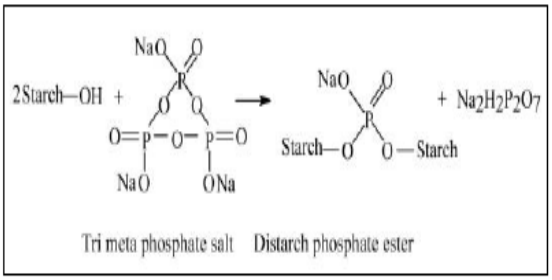
ภาพที่ 2 โครงสร้างของ แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ ชนิดที่ 2 (RS_2)
ที่มา (Sajilata et al., 2006)

3. ชนิดที่ 3 (RS_3) เป็นประเภทแป้งคืนตัว (retrograded starch) ส่วนใหญ่แป้งชนิดนี้พบในอาหารที่ให้ความร้อนจนเกิดเจลาทิไนซ์ เมื่อถูกทำให้เย็นลงจะเกิดการจัดเรียงตัวของแอมิโลสใหม่ (ภาพที่ 3) ตัวอย่างของแป้งชนิดนี้ เช่น มันฝรั่งที่ต้มแล้วทำให้เย็น เปลือกขนมปัง คอร์นเฟลคส์ (corn flakes) และการคืนตัวของแป้งข้าวโพดแอ-มิโลสสูง เป็นต้น (Vatanasuchart et al., 2009) สมบัติของแป้งกลุ่มนี้คือสามารถละลายได้ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide) (Sajilata et al., 2006)



ภาพที่ 3 การต้านทานต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ของ double helice บริเวณโครงสร้างผลึก (C) ของแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ชนิดที่ 3 (RS_3)
ที่มา (Sajilata et al., 2006)

4. ชนิดที่ 4 (RS_4) เป็นแป้งที่มีโครงสร้างเกิดจากการดัดแปรโดยใช้สารเคมีในการคลอสลิง (cross link) เช่น ไดสตาร์ชฟอสเฟตเอสเทอร์ (distarch phosphate ester) ทำให้ในโครงสร้างแป้งสร้างเกิดพันธะแบบใหม่ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ไดสตาร์ชฟอสเฟตเอสเทอร์ ที่มา (Sajilata et al., 2006)

สมบัติของแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์

สมบัติที่สำคัญของแป้งชนิดนี้ ได้แก่

1. อนุภาคมีขนาดเล็ก
2. ไม่มีรสชาติ
3. การอุ้มน้ำต่ำ (water holding capacity)
4. สมบัติทางเคมีกายภาพ เช่น มีการพองตัวและความหนืดสูง

การผลิตแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมอาหารมีเทคนิคและใช้สภาวะในการแปรรูปที่หลากหลายทำให้สามารถแปรรูปแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์โดยวิธีดังต่อไปนี้

1. การใช้ความร้อนชื้น (heat-moisture treatment) ในการแปรรูปต้องทำการการควบคุมความชื้นของแป้งไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักแล้วให้ความร้อนกับแป้งที่อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส สภาวะดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลึกในเม็ดแป้ง สมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งเพิ่มขึ้น (Hormdok and Noomhorm, 2007)

2. การใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้ง (enzymatic treatment) เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) เช่น การใช้เอนไซม์อัลฟาแอไมเลส (α-amylase) ลดขนาดโมเลกุลของแป้ง ได้ผลิตภัณฑ์คือมอลโทเด็กทรินชนิดที่มีระดับการย่อยต่ำ การใช้เอนไซม์ย่อยพันธะโซ่กิ่ง (debranching) เป็นการเพิ่มศักยภาพในการเตรียมแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์จากแป้งที่มีแอไมโลสต่ำ

3. การใช้ความร้อนและเอนไซม์ (heat and enzyme treatment) ให้ความร้อนแก่น้ำแป้งเพื่อทำให้สุก และทำให้น้ำแป้งเย็นตัวลง โมเลกุลของแป้งที่ละลายออกมาจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ได้ผลึกแป้งที่แข็งแรงมากขึ้น และเอนไซม์ย่อยได้น้อยลง หรือทำการย่อยส่วนของโครงสร้างที่ไม่เป็นผลึกด้วยเอนไซม์ วิธีการนี้นิยมใช้กับแป้งที่มีปริมาณแอไมโลสสูง

4. การใช้สารเคมีในการผลิตแป้งดัดแปร (chemical treatment) สารเคมีที่ใช้ เช่น โซเดียมไทรเมตาฟอสเฟต (sodium trimetaphosphate) ฟอสฟอรัสออกซีคลอไรด์ (phosphorus oxychloride) เป็นต้น ทำให้ในโครงสร้างแป้งสร้างพันธะใหม่ที่ต้านทานต่อการย่อยของเอนไซม์ (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

ประโยชน์ของแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อสุขภาพ

1. แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ไม่ถูกย่อยสลายในลำไส้เล็กแต่เกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ และผลิตกรดไขมันสายสั้นๆ เช่น แอซิเทต (acetate) บิวทิเรต (butyrate) และโพรพิโอเนต (propionate) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ (probiotic microorganisms) เช่น *Bifidobacterium* เป็นต้น (Sajilata et al., 2006)

2. แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด จากการวิจัยของ Roben และคณะ (1994) พบว่าแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ จะเกิดการย่อยภายหลังการบริโภคแล้ว 5-7 ชั่วโมง ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดและอินซูลินหลังบริโภคอาหารลดลง สำหรับแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนจะเกิดการย่อยทันทีหลังบริโภคทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดและอินซูลินหลังบริโภคอาหารเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Reader และคณะ (1997) ที่ศึกษาการใช้แป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ชนิดที่ 3 (RS_3) ผลิตโดยบริษัท CrystaLean® นำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร พบว่าระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของผู้ทดสอบภายหลังการบริโภคอาหารมีค่าต่ำกว่าการบริโภคคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆ เช่น แป้งชนิดอื่น โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides) และน้ำตาล เป็นต้น โดยแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ชนิดที่ 3 (RS_3) อาจมีบทบาทควบคุมโรคเบาหวาน

3. บทบาทของแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในการป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยกรดไขมันที่เกิดขึ้นจากการหมักของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่จะช่วยเพิ่มปริมาณของของเหลวและปรับค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ภายในลำไส้ให้ต่ำลง เมื่อเกิดสภาวะกรดขึ้นภายในบริเวณลำไส้ใหญ่จะเกิดการยับยั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถเปลี่ยนน้ำดีให้เกิดเป็นสารก่อมะเร็งในลำไส้ใหญ่ การที่จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยสลายเส้นใยอาหารได้ จึงมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณอุจจาระกระตุ้นให้เกิดการขับถ่าย ป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ (มลศิริ วีโรทัย, 2545) กรดไขมันบิวทิเรตยังช่วยปรับสภาวะตอนปลายของลำไส้ใหญ่ให้สมบูรณ์ด้วย (Alexander, 1995; Ferguson et al., 2000)

4. ยับยั้งการสะสมไขมัน Higgins และคณะ (2004) ทำการศึกษาโดยใช้ผู้ทดสอบเพศชายจำนวน 12 คน ให้บริโภคอาหารที่มีการเติมเส้นใยจากแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่าแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ช่วยลดการสะสมของไขมัน เนื่องจากภายหลังการบริโภคเกิดการออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) เพิ่มขึ้น

5. เกี่ยวข้องกับการดูดซึมแร่ธาตุที่ลำไส้ จากงานวิจัยของ Morais และคณะ (1996) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของแป้ง 2 ชนิด ได้แก่ แป้งที่มีส่วนผสมของ แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ ร้อยละ 16.4 และแป้งที่ไม่ได้ผสม โดยตรวจสอบผลต่อการดูดซับของแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และสังกะสี พบว่า แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีผลต่อการดูดซึมแคลเซียม และเหล็กของลำไส้

6. หน้าที่อื่นๆ ของแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ หรือเส้นใยอาหาร ช่วยป้องกันหรือลดสภาวะโรคอ้วน มีบทบาทในการลดคลอเรสเตอรอลในเส้นเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน เป็นต้น

การประยุกต์ใช้แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร

ในอุตสาหกรรมอาหารใช้แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์เป็นแหล่งของเส้นใยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นหลายชนิด เนื่องจากมีอนุภาคขนาดเล็ก ไม่มีรสชาติ และการอุ้มน้ำไม่มาก เช่น ขนมปัง มัฟฟินส์ (muffins) และอาหารเช้าจากธัญพืช ปริมาณการใช้เป็นส่วนผสมของอาหารขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ หน้าที่ของแป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เค้ก (cake) และบราวนี (brownie) นอกจากนี้ยังเป็นสารให้ความกรอบในผลิตภัณฑ์วาฟเฟิล (waffle) ขนมปังปิ้ง และช่วยปรับปรุงการพองตัวในขนม (Sajilata et al., 2006) ในการศึกษาวิจัยของ Ranhotra และคณะ (1996b) พบว่าการใช้แป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในอาหารไม่ทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารมีลักษณะหยาบเหมือนกรวดทราย และไม่ทำให้รสชาติของอาหารเปลี่ยนแปลง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเหมือนกับการใช้เส้นใยอาหารจากแหล่งอื่นๆ

แป้งที่ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์จำหน่ายในเชิงการค้า

แป้งประเภทนี้มีการผลิตและจำหน่ายเป็นการค้า ได้แก่

1. โนวีโลส (Novelose) ผลิตโดยบริษัท National Starch and Chemical ซึ่งมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) ร้อยละ 30 มีลักษณะคล้ายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญชาติแต่มีคุณสมบัติดีกว่า คือมีสีขาวกว่า ไม่มีกลิ่นธัญชาติที่ไม่พึงประสงค์และมีปริมาณไขมันต่ำ

2. คริสทาลีน (CrystaLean) ผลิตโดยบริษัท Opta Food Ingredients ซึ่งเป็นรีโทรแกรดเดท มอลโทเด็กทริน (retrograded maltodextrin) ที่มีเส้นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 30 ใช้สำหรับเพิ่มระดับเส้นใยในผลิตภัณฑ์ขนมอบ หรือผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

บทสรุป

แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์เป็นอาหารสุขภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ ทำหน้าที่คล้ายกับเส้นใยอาหาร สามารถใช้ควบคุมและป้องกันการเกิดโรคหลายชนิด สำหรับประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอาหาร มักใช้แป้งชนิดนี้ในการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร สมบัติของแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์นี้มีความแตกต่างจากเส้นใยอาหารจากแหล่งอื่นๆ ซึ่งจากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการผลิต ส่งผลให้ปัจจุบันมีแนวโน้มในการใช้แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเพิ่มมากขึ้น และเกิดการค้นคว้าวิจัยเพื่อพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิตอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2546**). เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลศิริ วีโรทัย. (2545). **เทคโนโลยีของอาหารสุขภาพ.** กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด

Alexander, R. J. (1995). Resistant starch-new ingredient for the food industry. **Cereal Foods World,** 40(6): 455-458.

Alzamora, S.M., Salvatori, D., Tapia, M.S., Lopez-Malo, A., Welti-Chanes, J., and Fito, P. (2005). Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. **Journal of Food Engineering**, 67: 205-214.

Ferguson, L.R., Tasman-Jones, C., Englyst, H., and Harris, P.J. (2000). Comparative effects of three resistant Starch preparations on transit time and short-chain fatty acid production in rats. **Nutrition and Cancer,** 36 : 230-237.

Higgins, J.A., Dana, H.R., Donahoo, W.T., Brown, I.L., Bell, M.L., and Bessesen, D.H. (2004). resistant starch consumption promotes lipid oxidation. **Nutrition & Metabolism**, 1: 1-8.

Hormdok, R., and A. Noomhorm. (2007). Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **LWT-Food Science and Technology,** 40: 1723-1731.

Mitra, A., Bhattacharya, D., and Roy, S. (2007). Role of resistant starches particularly rice containing Resistant Starches in Type 2 Diabetes. **Journal of Human Ecology,** 21(1): 47-51.

Morais, M.B., Feste, A., Miller, R.G., and Lifichitz, C.H. (1996). Effect of resistant starch and digestible starch on intestinal absorption of calcium, iron and zinc in infant pigs. **Pediatric research,** 39(5): 872- 876.

Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., and Glaser, B.K. (1996b).Energy value of resistant starch. **Journal of Food Science,** 61(2): 453-455.

Raben, A., Tagliabue. A., Christensen, N.J., Madsn, J., Holst, J.J., and Astrup, A. (1994). Resistant Starch: The effect on postprandial glycemia, hormonal response and satiety. **The American Journal of Clinical Nutrition,** 60: 544 - 551.

Sajilata, M.G., Singhal, R.S., and Kulkarni, P.R. (2006). Resistant starch: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,** 5: 1-17.

Vatanasuchart, N,. Niyomwit, B., and Wongkra-jang, K. (2009). Resistant starch contents and the *in vitro* starch digestibility of Thai starchy foods. **Kasetsart Journal,** 43: 178 - 186.