

กิ้นจันท์ ณ นคร : ผลของโปรตีนและใยอาหารต่อการย่อยของข้าวขึ้นรูปจาก  
กระบวนการเอกซ์ทรูชัน (EFFECT OF PROTEIN AND FIBERS ON  
DIGESTIBILITY OF EXTRUDED REFORMED RICE) อาจารย์ที่ปรึกษา :  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันทา ทองทา, 108 หน้า.

การศึกษาผลของ โปรตีนจากถั่วเหลือง (Soy Protein Isolate: SPI) และใยอาหารต่อ  
คุณสมบัติทางรีโอโลยี ความสามารถในการย่อย และ gastric emptying ของข้าวขึ้นรูปหุงสุก พบว่า  
ข้าวขึ้นรูปที่ถูกผลิตด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ที่อุณหภูมิ 90°C มีค่า onset temperature ( $T_o$ )  
และค่า peak temperature ( $T_p$ ) ของข้าวขึ้นรูปซึ่งถูกแทนที่ด้วย โปรตีนถั่วเหลืองระดับ 20% (20SPI)  
สูงกว่าข้าวขึ้นรูปที่ถูกแทนที่ด้วย resistant maltodextrin ระดับ 20% (20RMD) และข้าวขึ้นรูปที่ถูก  
แทนที่ด้วย รำข้าวโพดระดับ 20% (20CB) นอกจากนี้ยังพบว่า peak viscosity ของ 20SPI มีค่าต่ำ  
กว่า 20CB และ 20RMD เมื่อตรวจด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ SPI  
สามารถจับกับน้ำได้ดีและชะลอการเกิดเจลลาติโนเซชัน

คุณสมบัติทางรีโอโลยีของข้าว 20SPI หุงสุกพบว่า มีค่า hardness ค่า stickiness and solid-  
like ( $G'$ ) สูงกว่าตัวอย่างข้าวขึ้นรูปหุงสุกอื่น ๆ จึงทำให้สามารถชะลอการทำงานของแอลฟา  
อะมิเลส (alpha amylase) ในระหว่างการย่อยในหลอดทดลอง (*in-vitro* digestion) ซึ่งมีผลทำให้ค่า  
end-point concentration ( $C_{\infty}$ ) ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าอัตราการย่อยเฟสแรก (first-phase  
digestion rate,  $k_1$ ) ของข้าว 20SPI หุงสุกมีค่าสูงกว่าค่าอัตราการย่อยเฟสที่สอง (second-phase  
digestion rate,  $k_2$ ) โดยข้าว 20SPI หุงสุกมีค่า end-point ของอัตราการย่อยเฟสที่สอง ( $C_{\infty 2}$ ) และค่า  
ดัชนีน้ำตาลต่ำสุด ในขณะที่ข้าว 20CB หุงสุกมีค่า  $k_1$  ของการย่อยต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากเจลแป้งที่มี  
อนุภาคของรำข้าวโพดมีความสมบูรณ์ (integrity) ของเจลสูงสามารถขัดขวางการย่อยของเอนไซม์  
ในกลุ่มอะมิเลส (amylolytic enzymes) หลังจากนั้นในระหว่างการย่อยความสมบูรณ์ของเจลลดลง  
ซึ่งมีผลทำให้ค่า  $k_2$  and  $C_{\infty 2}$  ข้าว 20CB หุงสุกสูงขึ้น ในขณะที่ค่า  $k$  ของข้าวขึ้นรูปที่ทดแทนด้วย  
resistant maltodextrin (RMD) หุงสุกไม่แตกต่างจากค่า  $k$  ของข้าวขึ้นรูปหุงสุกตัวอย่างควบคุม ซึ่ง  
เป็นผลมาจากลักษณะ โครงสร้างเมทริกซ์ที่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างที่มีความเหมือนกัน  
การศึกษาผลของ SPI ร่วมกับใยอาหารต่อการย่อยของข้าวขึ้นรูปหุงสุกพบว่า เมื่อสัดส่วน SPI ที่  
ร่วมกับ RMD เพิ่มขึ้นจาก 6% ถึง 14% มีผลทำให้ค่า  $k$  และค่า  $C_{\infty}$  เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของสัดส่วน  
SPI ที่ร่วมกับรำข้าวโพด (CB) ยังมีผลทำให้ค่า  $k_1$  เพิ่มขึ้นในขณะที่การเพิ่มขึ้นของสัดส่วน CB มีผล  
ทำให้  $k_2$  เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเติม SPI มีผลทำให้ความสมบูรณ์ของข้าวขึ้นรูปลดลงในระหว่างการ  
ย่อยในกระเพาะอาหารซึ่งส่งผลให้อัตราการย่อยของเอนไซม์ในกลุ่มอะมิเลสเพิ่มขึ้น

ข้าวขึ้นรูปหุงสุกที่ถูกทดแทนด้วย SPI โยอาหาร และ SPI รวมกับโยอาหารมีผลทำให้ค่าดัชนีน้ำตาลอยู่ในกลุ่มปานกลาง ในขณะที่ข้าวขึ้นรูปหุงสุกตัวอย่างควบคุมมีค่าดัชนีน้ำตาลอยู่ในกลุ่มสูง นอกจากนี้ยังพบว่าข้าว 20SPI หุงสุกมีค่า lag phase median และ interquartile range box สูงที่สุด ดังนั้นข้าว 20SPI หุงสุกมีระยะเวลาในการถูกบดและผสมในกระเพาะอาหารก่อนการทำให้กระเพาะอาหารว่าง (gastric emptying) นานที่สุด ในขณะที่ข้าว 20CB หุงสุกมีผลทำให้มีความรู้สึกอิ่มนานกว่าข้าวขึ้นรูปหุงสุกตัวอย่างควบคุม



สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร  
ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อนักศึกษา อภิสิทธิ์ น.  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศ. ดร. ม.  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศ. ดร. อ.

KUENCHAN NA NAKORN : EFFECT OF PROTEIN AND FIBERS  
ON DIGESTIBILITY OF EXTRUDED REFORMED RICE.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUNANTA TONGTA, Ph.D., 108 PP.

EXTRUDED REFORMED RICE/SOY PROTEIN ISOLATE/DIETARY  
FIBER/DIGESTIBILITY/GASTRIC EMPTYING/RHEOLOGICAL PROPERTIES

The effect of soy protein isolate (SPI) and dietary fibers on rheological properties, digestibility and gastric emptying of cooked extruded rice was investigated. The extruded reformed rice was produced by a twin screw extruder with the barrel temperature of 90°C. The onset temperature ( $T_o$ ) and peak temperature ( $T_p$ ) of extruded rice supplemented with 20% soy protein isolate (20SPI) as determined by Differential Scanning Calorimeter was higher than that of extruded rice supplemented with 20% resistant maltodextrin (20RMD) and 20% corn bran (20CB). When using Rapid Visco Analyser, the peak viscosity of 20SPI was lower than that of 20CB and 20RMD. These results also indicate that soy protein isolate has been attributed to competition for moisture and delay of gelatinization.

The 20SPI cooked rice showed higher values of hardness, stickiness and solid-like ( $G'$ ) as analyzed by rheometer compared to other samples which may retard the alpha amylase activity during the *in-vitro* digestion, resulting in the lower end-point ( $C_\infty$ ) of starch amylolysis. The first-phase digestion rate ( $k_1$ ) of cooked 20SPI was higher than its second-phase digestion rate ( $k_2$ ). The end-point in the second-phase digestion ( $C_{\infty 2}$ ) and the glycemic index (GI) of cooked 20SPI showed the lowest value. The low value of  $k_1$  was observed in the first-phase of 20CB digestion. It may be due

to the amylolytic enzymes that were impeded, associated with the high integrity of starch gel dispersed by corn bran particles. Then, the integrity of this starch gel was reduced during the amylolysis, which resulted in the higher  $k_2$  and  $C_{\infty 2}$ . The cooked extruded rice with substituted resistant maltodextrin (RMD) and the control sample exhibited a similar  $k$  value due to their similar homogeneous matrix. The effect of the SPI and fibers combination on digestibility of cooked extruded rice was studied. An increase in SPI ratio with the combination of RMD from 6 to 14% exhibited a higher  $k$  value and a higher end-point concentration ( $C_{\infty}$ ). For the combination of SPI and corn bran (CB), an increased  $k_1$  was observed with a higher SPI ratio, while an increase in CB ratio induced the higher  $k_2$ . The integrity of cooked extruded rice supplemented with SPI was reduced during the gastric digestion which resulted in the increase of the amylolysis rate.

The cooked extruded rice supplemented with SPI or dietary fibers and the duo combination of them was found to be the medium GI food, while the control was the high GI food. The cooked 20SPI provided the highest lag phase median and interquartile range box, implying that the time of grinding and mixing in the stomach before gastric emptying for the cooked 20SPI was the longest period. The satisfaction of cooked 20CB was significantly higher than that of the control.

School of Food Technology

Academic Year 2017

Student's Signature Kuenchan Na Nakorn

Advisor's Signature S. Pong

Co-advisor's Signature B. Chai