

***IN VITRO* “RAPIDLY AVAILABLE GLUCOSE (RAG)” VALUE  
USE AS AN INDICATOR FOR GLUCOSE RESPONSE AFTER  
DIGESTION OF THAI RICE AND RICE PRODUCTS**

**NARUMOL RATANAKONPUN**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (NUTRITION)  
FACULTY OF GRADUATE STUDIES  
MAHIDOL UNIVERSITY**

**2007**

**COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY**

การใช้ค่า RAPIDLY AVAILABLE GLUCOSE เป็นดัชนีชี้วัดการตอบสนองต่อระดับน้ำตาลที่เปลี่ยนแปลงในข้าวและผลิตภัณฑ์หลังจากการย่อย (*IN VITRO* “RAPIDLY AVAILABLE GLUCOSE (RAG)” VALUE USE AS AN INDICATOR FOR GLUCOSE RESPONSE AFTER DIGESTION OF THAI RICE AND RICE PRODUCTS)

นฤมล รัตนากรพันธุ์ 4737733 RANU/M

วท.ม. (โภชนศาสตร์)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: รัชณี คงกาญจนา, Ph.D. (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY), ริญ เจริญศิริ, M.Sc. (NUTRITION AND DIETETICS)

#### บทคัดย่อ

อัตราการย่อยและการดูดซึมอาหารจำพวกแป้งเป็นปัจจัยสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยเฉพาะผู้ป่วยเบาหวาน ดังนั้นวัตถุประสงค์แรกในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการหาอัตราการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลในหลอดทดลอง โดยวิธี rapidly available glucose (RAG) และ slowly available glucose (SAG) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถประเมิน glycemic index (GI) หรือ glycemic load (GL) ในตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆได้ วัตถุประสงค์ที่สองเพื่อคัดกรองและประเมินพันธุ์ข้าวที่มีอัตราการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลต่ำในข้าว 94 สายพันธุ์ที่ได้จากตลาดและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ด้วยค่า RAG และ SAG รวมทั้งหาค่าไมโลสด้วยเทคนิคคลอโรรีมตรี และหาค่า resistant starch (RS) โดยชุดทดสอบ วัตถุประสงค์ที่สามคือการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า RAG กับส่วนประกอบย่อยต่างๆของคาร์โบไฮเดรตในข้าว 16 สายพันธุ์ วัตถุประสงค์ที่สี่คือการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีค่า RAG ต่ำ จากแป้งข้าว และ วัตถุประสงค์สุดท้าย คือเพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อค่า RAG และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน

ส่วนที่หนึ่งพบว่า ค่า RAG และ GL ของผลไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทางบวกที่ค่า  $r = 0.687$  ( $p < 0.01$ ) และค่า RAG ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่า GL อย่างไรก็ดีไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า SAG กับ GL

ส่วนที่สองพบว่า ข้าวเจ้ามีค่า RAG อยู่ในช่วง 6.05 – 22.18 กรัมต่อ100กรัม อไมโลสอยู่ในช่วง 15.72 – 42.71% และ RS อยู่ในช่วง 0.02 – 2.16 กรัมต่อ100กรัม ส่วนข้าวเหนียวเกือบทุกสายพันธุ์มีค่า RAG สูง (>20 กรัมต่อ100กรัม) ในขณะที่มีค่า RS ต่ำมาก (0.00 – 0.03 กรัมต่อ100 กรัม) ในการศึกษาพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญในเชิงลบระหว่างอไมโลสกับ RAG ( $-0.247$ ,  $p < 0.05$ ) และในเชิงบวกระหว่างอไมโลสกับ RS ( $r = 0.402$ ,  $p < 0.01$ ) สำหรับข้าวที่มีค่า RAG ต่ำ ได้แก่ ข้าวขัดหอมมะลิสีชมพู ข้าวกล้อง 313-19-1-1 (เก็บเกี่ยวในฤดูร้อน) และ ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลารัวยืด ซึ่งข้าวเหล่านี้สามารถนำมาใช้แนะนำต่อผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้

ส่วนที่สามพบว่า ในตัวอย่างข้าว 16 สายพันธุ์ ข้าวเหนียวมีค่า RAG (18.86 -27.98 g/100g) สูงกว่าข้าวเจ้า (13.53 – 17.77 g/100g) และ ข้าวขัด (15.27-17.77 g/100g) มีค่า RAG สูงกว่าข้าวกล้อง (13.53-17.06 g/100g) ยกเว้น ข้าวเหนียวกล้องพันธุ์ KDC18-3-7-1-11-0 ซึ่งมีค่า RAG ต่ำ (15.44 g/100g) ส่วนค่า RS ในข้าวเหนียวมีค่าต่ำมาก สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง RAG กับ RDS และ RAG กับ SDI พบว่าเป็นไปในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่  $r = 0.993$  และ  $0.815$  ( $p < 0.01$ ) ตามลำดับ

ส่วนที่สี่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องพันธุ์ 313-19-1-1 ในอาหารว่าง 4 ชนิดคือ หมั่นโถว ขนมปังจาวไก่ ขนมปังไส้ถั่วแดง และขนมปังแซนวิช พบว่าสามารถทดแทนแป้งข้าวได้ 70%, 50%, 65% และ 44% ตามลำดับ และสูตรปรับปรุงทั้ง 4 ชนิดมีค่า RAG และ RS ต่ำกว่าสูตรปกติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ส่วนที่ห้า ค่าของ RAG ของหมั่นโถด้นแบบที่ 0 เดือนมีค่าต่ำกว่าหมั่นโถที่เก็บที่เวลา 1-3 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดอาการเก็บรักษา

สรุปได้ว่าในการศึกษานี้ ข้าวหลายสายพันธุ์รวมทั้งอาหารว่างที่ได้รับการคิดแปลงแล้วมีค่า GI อยู่ในระดับต่ำหรือระดับกลาง และวิธีวิเคราะห์อัตราการย่อยแป้งในหลอดทดลองอาจใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองสายพันธุ์ข้าวและอาหารอื่นๆ เพื่อที่จะนำไปศึกษาในคนต่อไป

**IN VITRO “RAPIDLY AVAILABLE GLUCOSE (RAG)” VALUE USE AS AN INDICATOR FOR GLUCOSE RESPONSE AFTER DIGESTION OF THAI RICE AND RICE PRODUCTS**

NARUMOL RATANAKONPUN 4737733 RANU/M  
M.Sc. (NUTRITION)

THESIS ADVISORS: RATCHANEE KONGKACHUICHAJ, Ph.D. (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY), RIN CHAROENSIRI, M.Sc. (NUTRITION AND DIETETICS)

**ABSTRACT**

The rate of starch digestion and absorption seem to be important factors for the health of consumer's, especially in diabetes patients. Therefore, the first objective in the present study was to validate *in vitro* enzymatic carbohydrate (CHO) digestion methods (rapidly available glucose (RAG) and slowly available glucose (SAG)) and whether they can be applied to estimate the glycemic index (GI) or glycemic load (GL) in various kinds of foods. The second objective was to screen and evaluate ninety four varieties of rice obtained from local markets in Thailand and new varieties (breeding lines from Kasetsart University) for low digestion CHO by *in vitro* RAG and SAG methods. Amylose content was determined by using colorimetry and resistant starch (RS) content was determined by using a RS kit. The third objective was to evaluate the correlation between various CHO fractions with RAG values in sixteen rice varieties using an *in vitro* RAG method. The fourth objective was to develop modified snack products from low RAG value rice flour. The last objective was to evaluate storage effects using steamed buns as a model on RAG and sensory acceptability at – 20 °C for 3 months.

Part I. The values between RAG and GL of fruit models had a significant positive correlation ( $r = 0.687$  at  $p < 0.01$ ), whilst SAG showed no significant correlation with GL. Nevertheless, data of RAG values in the selected fruits of the present study were close to the GL values in human studies.

Part II. There was large variation of non-glutinous rice for RAG values, ranging from 6.05 to 22.18 g/100g cooked, 15.72 to 42.71% for amylose and 0.02 to 2.16 g/100g for RS contents. Most cooked glutinous rice showed a high amount of RAG (>20g/100g), but was very low in RS (0.00-0.03 g/100g). The data showed a significantly negative correlation between amylose and RAG ( $r = -0.247$ ,  $p < 0.05$ ) and a positive correlation for amylose and RS content ( $r = 0.402$ ,  $p < 0.01$ ). Especially, milled Hom Mali Sichompoo, brown KD-BT 313-19-1-1 (harvested in dry season) and milled Hom Mali Thung kula Roi Et in particulars revealed low RAG levels which might recommend them for dietary management of diabetes.

Part III. Results of the selected sixteen rice varieties model showed that all RAG values of cooked glutinous rice (18.86 -27.98 g/100g) were higher than non-glutinous rice (13.53 – 17.77 g/100g) and cooked polished rice (15.27-17.77 g/100g) were higher than cooked brown rice (13.53-17.06 g/100g), except brown glutinous KDC18-3-7-1-11-0 gave a low amount of RAG (15.44 g/100g). Very low RS values were observed in all glutinous rice. A significantly positive correlation between RAG and RDS as well as RAG and SDI was observed with  $r = 0.993$  and 0.815, respectively.

Part IV. Formulation of low RAG products by blending wheat flour with brown rice flour (non polished rice 313-19-1-1) in steamed buns, bread sticks, red bean filled buns and bread were replaced with 70%, 50%, 65% and 44% of rice flour, respectively. The RAG and RS values of each modified formula were significantly lower than the control formula ( $p < 0.05$ ).

Part V. Although the rate of RAG values of the steamed bun model at 0 mo were significantly lower than at 1 – 3 mo of storage, the sensory evaluation was accepted during all the storage period.

Conclusion Analysis of data indicated that many varieties of rice and four modified snack based flour products in this study might have a potential application as low or intermediate GI foods. *In vitro* methods were able to be used as screening tools for selecting the best varieties of rice and foods in order to explore or apply to further human study.

KEY WORDS: RICE/DIGESTIBILITY/AMYLOSE/RESISTANT STARCH/SNACK

143 pp.