

การพัฒนาอาหารเช้าธัญชาติพร้อมบริโภคที่มีปลายข้าวเจ้า เป็นองค์ประกอบหลักโดยกระบวนการอัดพอง

Development of Broken Rice-Based Ready-to-eat Breakfast Cereal by Extrusion Process

ประชา บุญญสิริกุล และ จุฬาลักษณ์ จารุณุช

Pracha Boonyasirikool and Chulaluk Charunuch

ABSTRACT

Seven formulas of broken rice - based breakfast cereal were carried out by extrusion process. This development was done to obtain products with good texture, high nutritional value and protein quality. Formula Q met the criteria and composed of 10 % defatted soy flour and 6 % full fat soy flour added into 75 % broken rice, 5 % sugar, 2.5 % cocoa powder, 1 % mixed vitamins and minerals, 0.5 % CaCO_3 , and fortified with lysine amino acid 0.25 % of the total ingredients. Breakfast cereal formula Q displayed greater nutritional values than other ten commercial brands. Composition of formula Q improved protein quality by obtaining greater content of lysine and methionine plus cystine. Amounts of all essential amino acids were at least 80 % of the values recommended by FAO / WHO 1973. And formula Q provided protein content of 11.8 % or 3.02 g protein per 100 kcal which greater than standard requirement for regular human food which should be at least 2.5 - 3.0 g. Comparing nutrient values from consuming breakfast cereal formula Q to get 2,000 kcal, consumers would receive nutrients accounted to 80 - 700 % of Thai RDI recommended values, however with the exception of fat content, vitamin B6, Na and K that existed 40 - 60 % of Thai RDI recommended values. Sensory evaluation was conducted to compare formula Q with 2 highly accepted commercial breakfast cereals and the other product produced by Institute of Food Research and Product Development. Formula Q demonstrated no significant difference in taste, texture and overall acceptance when tested without fresh milk. Together with fresh milk only score of texture that formula Q was significantly different from the 2 commercial breakfast cereals.

Key words : breakfast cereals, extrusion process, broken rice, defatted soy flour, full fat soy flour, twin screw extruder

บทคัดย่อ

ได้ทำการพัฒนาอาหารเข้าธัญชาติพร้อมบริโภคนที่มีปลายข้าวเจ้าบดเป็นองค์ประกอบหลัก เพื่อให้มีเนื้อสัมผัสดี คุณค่าทางโภชนาการสูง กอปรทั้งปริมาณและคุณภาพของโปรตีนที่ดีโดยกระบวนการอัดพอง ทั้งหมด 7 สูตร สูตรที่มีคุณสมบัติดังกล่าวคือ สูตร Q ที่มีแป้งข้าวเหลืองสกัดไขมัน 10 % แป้งข้าวเหลืองไขมันเต็ม 6 % เสริมลงในปลายข้าวบด 75 % น้ำตาล 5 % โกโก้ผง 2.5 % วิตามินเกลือแร่ 1 % CaCO_3 0.5 % และ กรดอะมิโน ไลซีน 0.25 % ของส่วนประกอบทั้งหมด จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า ใน 100 กรัม มีสารโปรตีน 11.80 % หรือ 3.02 กรัม ต่อ 100 กิโลแคลอรี โยอาหาร 3.6 ก. วิตามินเอ 254 มก. (838 I.U) วิตามินบีสิบสอง 1.2 มก. แคลเซียม 600 มก. และไอโอดีน 197 มก. ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าในอาหารเข้าธัญชาติประเภทเดียวกัน ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 10 ตัวอย่าง และพบว่า องค์ประกอบอาหารของสูตร Q ช่วยปรับปรุงให้ปริมาณและ คุณภาพโปรตีนที่ดีขึ้น โดยมี chemical score ของกรดอะมิโนไลซีนและเมไทโอนีน + ซิสทีน เท่ากับ 114 และ 103 และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นทุกตัวในปริมาณมากกว่า 80 % ของค่ามาตรฐานที่แนะนำโดย FAO/WHO (1973) และโปรตีน 3.02 กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรีนี้ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของอาหารที่ดีเหมาะสมต่อการบริโภคที่ได้กำหนดไว้เมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย ที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี พบว่า ได้สารอาหาร วิตามิน แร่ธาตุทุกตัว อยู่ในช่วง 80 - 700 % ยกเว้น ไขมัน วิตามินบีหก โซเดียม โพตัสเซียม ที่มีเพียง 40 - 60 % ของปริมาณสารอาหาร ที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไป การประเมินผล

ทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scale โดยเปรียบเทียบสูตร Q กับอาหารเข้าธัญชาติที่เป็นที่นิยมในท้องตลาด 2 ตัวอย่าง (นำเข้าจาก ต่างประเทศ 1 ตัวอย่าง ทำในประเทศ 1 ตัวอย่าง) และอีก 1 ตัวอย่าง ทำโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่าอาหารเข้าธัญชาติสูตร Q ได้คะแนนความชอบรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ไม่แตกต่างกัน ($P < 0.05$) เมื่อชิมแบบไม่ใส่ลม และชิมร่วมกับนม เว้นแต่คะแนนความชอบเนื้อสัมผัส เมื่อชิมร่วมกับนมของสูตร Q เท่านั้นที่แตกต่างจากอาหารเข้าธัญชาติที่เป็นที่นิยมในท้องตลาด ทั้ง 2 ตัวอย่าง ($P < 0.05$)

คำนำ

อาหารเข้าธัญชาติพร้อมบริโภค (ready-to-eat breakfast cereal) ซึ่งในรายงานวิจัยจะใช้ชื่อว่า “อาหารเข้าธัญชาติ” เป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดบริโภคพร้อมกับนมสด น้ำตาล หรือบริโภคเพียงอย่างเดียว ในต่างประเทศนิยมบริโภคเป็นอาหารเช้า เพราะสะดวก สะอาด ปลอดภัยและมีรสชาติอร่อย รูปร่างสวยงามเปลี่ยนตามความนิยมของผู้บริโภค ส่วนมากนำเข้าจากต่างประเทศ ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศนั้น ได้แก่ โดเน่ (Donae) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญชาติรายแรกที่นำออกเผยแพร่ ต่อมามีโอวัลตินครันชี กรู๊บก๊อบ และล่าสุด ยูโรคอปป์ ในยุคโลกาภิวัตน์วิถีการดำเนินชีวิตของคนไทยเปลี่ยนไป คนไทยบางส่วนเริ่มมานิยมรับประทานอาหารเช้าประเภทนี้เป็นอาหารเช้าเพิ่มมากยิ่งขึ้น จึงได้นำเข้ามาจำหน่าย มีราคาค่อนข้างแพง ทำให้ต้องเสียดุลการค้าปีหนึ่งมากกว่า 200 ล้านบาท (อรอนงค์ และลินดา, 2536) และเพิ่มมากยิ่งขึ้นตามจำนวนผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นทุกปีๆ วัตถุดิบหลักที่ใช้ทำก็เป็นพวกธัญชาติ ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวเจ้า ข้าวสาลี นอกจากนี้ อาจมีการผสมผลไม้แช่แข็งบางชนิดและถั่วบางประเภท

อาหารเข้ารัชชาติประเภทนี้มีหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตที่ใช้ทำส่วนมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำมีโปรตีนเพียง 4 - 10 % เท่านั้น (อรอนงค์ และลินดา, 2536) โดยทั่วไปอาหารที่ดีและเหมาะสมที่รับประทานกันประจำควรมีโปรตีน 2.5 - 3.0 กรัม ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรีหรืออย่างน้อย 10 - 12 % ของ พลังงานทั้งหมดต้องมาจากโปรตีน (Autret, 1969) อาหารเข้ารัชชาติประเภทนี้ที่ดีควรมีเนื้อสัมผัสที่กรอบนุ่ม ก่อนไปทางแข็งเล็กน้อย เซลล์โครงสร้างเนื้อละเอียด (รูอากาศเล็กสม่ำเสมอ และผนังเซลล์บาง) เนื้อค่อนข้างแน่น ความหนาแน่นประมาณ 146 ± 10 ก/ด อัตราการพองตัว 3.00 - 3.40 เพราะจะได้ไม่นิ่มหรือเลเมื่อรับประทาน ร่วมกับนม (ประชา และจุพาลักษณ์, 2540) คุณค่าทางโภชนาการควรสูงเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เมื่อรับประทานร่วมกับน้ำนมและผลไม้หรือรับประทานเพียงอย่างเดียว ด้วยสมบัติที่กล่าวมานี้ข้าวเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดเพราะเป็นอาหารหลักและสำคัญของคนไทย แต่ในปัจจุบันการแข่งขันในตลาดข้าวมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะผู้ส่งออกรายใหม่ได้แก่ เวียดนาม พม่า ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่ำ ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาเน้นมีเทคโนโลยีการผลิตดีและประชาชนไม่ได้รับโรคข้าวเป็นอาหารหลัก จึงมีข้าวเหลือส่งออกจำหน่ายแข่งขันกับต่างประเทศมากยิ่งขึ้น สถานะการณ์เช่นนี้ย่อมส่งผลกระทบต่อการค้าข้าวของไทย โดยเฉพาะข้าวหัก ข้าวท่อน ปลายข้าว ที่ลักษณะรูปร่างปรากฏที่เห็นทางตาและเนื้อสัมผัสของข้าวสุกเมื่อรับประทานเท่านั้นที่มีคุณภาพด้อยกว่าข้าวเต็มเมล็ด แต่ในแง่คุณค่าทางอาหารของข้าวประเภทนี้ดีเหมือนกับข้าวเต็มเมล็ดทั่วไป โปรตีนข้าวมีกรดอะมิโนเมไทโอนีน + ซีสทีน ก่อนข้างสูง แต่มีกรดอะมิโนไลซีนต่ำ แต่โปรตีนในแป้งข้าวเหลืองสกัดไขมัน 47.2 % ไขมัน 1.0

% และในแป้งข้าวเหลืองไขมันเต็ม 43.6 % ไขมัน 18 % (Boonyasirikool et al., 1986) นั้นมีกรดอะมิโนเมไทโอนีน + ซีสทีนต่ำ แต่มีกรดอะมิโนไลซีนสูง ดังนั้นเมื่อใช้ข้าวและแป้งเหลืองผสมกัน ทำเป็นอาหารเข้ารัชชาติก็ช่วยทำให้คุณภาพโปรตีนของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น (Harper, 1981) เหมือนกับผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากข้าวผสมแป้งเหลือง (Tantisirin และ Mowleekulpairoj, 1982; Cheman et al., 1992) การวิจัยพัฒนาอาหารที่ทำมาจากข้าวและใช้แป้งเหลืองเป็นแหล่งเสริมโปรตีนโดยกระบวนการเอ็กซ์- ทูชันมีทำกันน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ทำส่วนมากเป็นขนมกรอบ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวโพด ข้าวสาลี แป้งข้าวเหลืองไขมันเต็ม แป้งข้าวเหลืองสกัดไขมัน กลูเตน (Boonyasirikool et al., 1986) ส่วนอาหารเข้ารัชชาติที่ทำจากข้าวหรือธัญชาติอื่น ที่ไม่ได้เสริมแป้งเหลืองนั้นส่วนมากแล้ว มีสารอาหารโปรตีนต่ำ 3.63 - 6.2 % ไขมัน 2.23 - 4.0 % (ศิราพร และคณะ, 2534) และ 4.7 - 9.2 % (ประชา และจุพาลักษณ์, 2540) เว้นแต่อาหารเข้ารัชชาติที่มีข้าวโพดเป็น องค์ประกอบหลักที่เสริมแป้งเหลืองสกัดไขมันเข้าไปในส่วนผสม 16 % แล้วทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นเป็น 11.72 % (ประชา และจุพาลักษณ์, 2540) นอกจากนี้ Noguchi et al. (1981) ได้ทดลองและพบว่า การเพิ่มโปรตีน ข้าวเหลืองปราศจากไขมันลงในแป้งข้าวเจ้าให้มีโปรตีน 10 % และความชื้น 20 % แล้วเอ็กซ์ทูรด ที่ 200°C ขนมกรอบที่ได้มีผิวเรียบและกรอบดี ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มโปรตีนโดยใช้ผลิตภัณฑ์แป้งเหลืองนั้นไม่ เพียงเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ แต่ยังส่งเสริมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากกระบวนการเอ็กซ์ทูชันดีขึ้น กระบวนการเอ็กซ์ทูชันหรือกระบวนการอัดพองนี้เป็นกระบวนการทำอาหารให้สุกแบบต่อเนื่องที่ได้รวมเอาการผสม การนวด การทำให้สุกด้วยอุณหภูมิสูงในระยะเวลาสั้น และการขึ้นรูปมาอยู่ในเครื่องเอ็กซ์ทูเรเตอร์ตัวเดียว ทำให้ประหยัด พลังงานและพื้นที่ใน

การติดตั้งเครื่องมือ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีคุณภาพดี นอกจากนี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หลากหลายตามความต้องการ โดยขจัดข้อบกพร่องหรือข้อจำกัดที่เกิดจากการใช้เครื่องมือประเภทที่ทำเป็นกะ ๆ ลงได้ (Miller, 1988)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเข้ารักษาติพร้อมบริโภคที่มีปลายข้าวเป็นองค์ประกอบหลักที่เสริมด้วยแป้งถั่วเหลืองแล้วทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการคุณภาพโปรตีนเนื้อสัมผัสดีขึ้นและราคาถูกด้วยกระบวนการอัดพอง

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ปลายข้าวบด ขนาด 30 - 60 เมช ชื้อจาก หจก. แสงเรืองฟลาวมิลล์ แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (FFS) ขนาด 80 - 100 เมช จากโครงการหลวง แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (DFS) ขนาด 100 - 140 เมช จาก Archer Daniels Midland Company Decatur, Illinois, ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการเสริมแทนที่ปลายข้าวเจ้าบด

หาปริมาณแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันและ/หรือ แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มที่เสริมเข้าไปแทนที่ปลายข้าวเจ้าบดแล้วผลิตได้อาหารเข้ารักษาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพโปรตีนตลอดจนเนื้อสัมผัสที่ดีในการพัฒนาอาหารเข้ารักษาติครั้งนี้ จักใช้แป้งถั่วเหลืองเสริมลงไปแทนที่ปลายข้าวเจ้าบดในปริมาณ 12, 16, 20 % และเติม โกโก้ผง 2.5 % ที่เลือกใช้แป้งถั่วเหลืองในปริมาณดังกล่าวนี้เพราะเป็นปริมาณที่มากเพียงพอที่เสริมเข้าไปแล้วทำให้อาหารเข้ารักษาติมีโปรตีน 2.58 - 3.59 กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี (ประชา

และจุฬาลักษณ์, 2540) ซึ่งเป็นปริมาณที่ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของอาหารที่ดีและมีประโยชน์ซึ่งรวมทั้งคุณภาพของโปรตีนและสีสรรของผลิตภัณฑ์ก็ดีเหมาะสม ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งในการพัฒนานี้ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (DFS) เสริมแทนที่ปลายข้าวเจ้าบด ในสูตร M, N, O และสูตร P, Q, R ในปริมาณ 12, 16, 20 % และ 6, 10, 14 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้เสริมแป้ง ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (FFS) ลงไปแทนที่ปลายข้าวเจ้าบดในสูตร P, Q, R อีก 6 % เพื่อให้แต่ละสูตรส่วนผสมมีแป้งถั่วเหลืองในปริมาณ 12, 16, และ 20 % ตามลำดับ เท่ากันกับสูตร M, N, O ได้สูตรส่วนผสมของวัตถุดิบเพื่อทำอาหารเข้ารักษาติ 7 สูตร (Table 1)

การเตรียมตัวอย่างสำหรับกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

ซึ่งวัตถุดิบตามสูตรส่วนผสม จำนวน 7 สูตร ผสมให้รวมเข้ากันดีในเครื่องผสมเสร็จแล้วนำออกจากเครื่องผสม บรรจุลงในถุงพลาสติกซึ่งพร้อมที่จะป้อนเข้าสู่เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ชนิดที่สกรูทั้งสองหมุนไปในทิศทางเดียวกัน (Hermann Berstorff Laboratory Co-rotating Twin Screw Extruder ZE 25 x 33 D)

กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

นำส่วนผสมของวัตถุดิบที่เตรียมได้ทั้งหมด 7 สูตร มาแยกป้อนเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ซึ่งประกอบด้วยบาร์เรล 7 ท่อนเรียงต่อกันและปิดยึดด้วยแผ่นได (die) หนา 25 มม. ที่มีรูขนาด 2.3×7.0 มม. 4 รู L/D เท่ากับ 870 : 25 ตั้งอุณหภูมิที่บาร์เรล 1 - 7 และ 9 ไว้ที่ 35, 45, 65, 125, 165, 175, 135, และ 125°C ส่วนผสมป้อนเข้าสู่เครื่องด้วยถังป้อนที่มีสกรูอยู่ทั้งที่ก้นถัง ทำหน้าที่ป้อนวัตถุดิบแบบปริมาตร (K-Tron Soder AG 5702, Type 20, Switzerland) มีปั๊มมาตรวัด ปั๊มน้ำด้วยอัตรา 15 กรัมต่อนาที เข้าไปผสมกับส่วนผสม

ของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่เครื่องด้วยอัตรา 400 กรัมต่อนาที ที่ความเร็วรอบสกรู 350 รอบ/นาที ความชื้นส่วนผสม 11 % อุณหภูมิที่ใด (melt temperature) อ่านได้ 168 - 172°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80°C 15 นาที แล้วเคลือบด้วยน้ำเชื่อมรสช็อกโกแลตในอัตราส่วนของอาหารเข้าธัญชาติ : น้ำเชื่อมรสช็อกโกแลตเท่ากับ 2.7 : 1 ในหม้อเคลือบแปดเหลี่ยมที่มีลมร้อนเป่าประมาณ 10 นาที แล้วอบในตู้อบไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่งประมาณ 30 นาที เสร็จแล้วนำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วบรรจุในถุงพลาสติกกันความชื้นชนิดที่ปิดผนึกแน่น จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้แต่ละสูตรนี้ ไปวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีตามวิธีของ A.O.A.C (1990) ปริมาณโปรตีน (กรัม) ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี ความหนาแน่น อัตราส่วนการพองตัว แรงกดแตก และทดสอบการยอมรับในการบริโภคทางประสาทสัมผัสต่อไป

การหาอัตราส่วนการพองตัวและความหนาแน่นของอาหารเข้าธัญชาติ

อัตราส่วนการพองตัวของอาหารเข้าธัญชาติคำนวณจากเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าตัดของอาหารเข้าธัญชาติหารด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางรูปเปิดของใดแต่ละค่าได้จากค่าเฉลี่ยของการวัด 10 ตัวอย่าง (ชิ้น)

ส่วนความหนาแน่น (bulk density) ได้จากการนำอาหารเข้าธัญชาติ เทใส่ลงในภาชนะที่รู้ปริมาตรแน่นอน ในระหว่างที่เทอาหารเข้าธัญชาติลงในภาชนะนั้นควรมีการเคาะข้างภาชนะเป็นระยะเพื่อให้อาหารเข้าธัญชาติเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วกัน เมื่อเทอาหารเข้าธัญชาติจนเต็มภาชนะแล้ว ใช้ไม้บรรทัดสแตนเลสปาดอาหารเข้าธัญชาติส่วนเกินออกให้เรียบเสมอบนของภาชนะ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกปริมาตรและน้ำหนักอาหารเข้าธัญชาติ ค่าความหนาแน่นคำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้และ

การหาค่าทำสองซ้ำ

ค่าความหนาแน่น =

$$\frac{(\text{น้ำหนักอาหารเข้าธัญชาติ} + \text{น้ำหนักภาชนะ}) - (\text{น้ำหนักภาชนะ})}{\text{ปริมาตร}} \quad \text{กรัม / ลิตร}$$

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเข้าธัญชาตินี้เป็นการวัดค่าแรงกดแตก (compression force) โดยใช้เครื่อง TA - XT2 i Texture Analyzer ใช้หัววัดในลักษณะกดเป็น P₅₀ (50 mm. dia. cylinder aluminum) เพื่อวัดแรงที่กดลงบนอาหารเข้าธัญชาติแล้วทำให้อาหารเข้าธัญชาติแตกสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness) ของอาหารเข้าธัญชาติ จัดสภาวะอื่น ๆ ในการวัดดังนี้ :- วัดแรงกดแตก (measure force in compression) ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ ลงก่อนสัมผัสอาหารเข้าธัญชาติ (pre - test speed) 5.0 มม / วินาที ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงในเนื้อของอาหารเข้าธัญชาติ (Test speed) 5.0 มม / วินาที ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ขึ้นออกจากอาหารเข้าธัญชาติ (post - test speed) 10.0 มม / วินาที ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้อของอาหารเข้าธัญชาติ 50 % strain ในการวัดแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 20 ครั้ง (ในการวัดตัวอย่างแต่ละครั้งใช้อาหารเข้าธัญชาติรูปไข่ขนาด 7 ± 0.5 × 13 ± 0.5 มม จำนวน 3 ชิ้น) แล้วหาค่าเฉลี่ยพิจารณาค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กดลงบนอาหารเข้าธัญชาติแล้วทำให้แตกของ แต่ละตัวอย่าง (average maximum peak force)

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับในการบริโภคทางประสาทสัมผัสนั้นใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์ที่เป็นนักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยของสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 20

คนทำการประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏกลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) การยอมรับโดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ 9 - Point Hedonic Scale ให้ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม SPSS เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติระหว่างตัวอย่าง โดยใช้ ANOVA และ DMRT (duncan multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยแบ่งแยกตัวอย่างมาทดสอบ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มหนึ่งมีสูตร M, N, O กลุ่มสองมีสูตร P, Q, R แล้วเอาตัวอย่างที่ได้รับคะแนนการยอมรับดี ที่สุดของแต่ละกลุ่มมาทดสอบเปรียบเทียบกับสูตร S₂ (control) แล้วคัดเลือกเอาตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบและการยอมรับดีที่สุดนี้ไปทำอาหารเข้าธัญชาติใหม่สำหรับใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์หาสมบัติต่าง ๆ ต่อไป

การเตรียมตัวอย่างอาหารเข้าธัญชาติเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ คุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่เผยแพร่จำหน่ายในปัจจุบัน

จากหนังสือตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย (กองโภชนาการ, 2533) นั้น ในปลายข้าวและแป้งถั่วเหลืองมีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน FAO/WHO 1973 ที่ได้กำหนดเอาไว้ถึง 17 มก./กรัมของโปรตีน (Table 4) และจากที่ ประชา และจุฬาลักษณ์ (2540) ได้ทำอาหารเข้า ธัญชาติที่มีข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลัก และเสริมด้วยแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน 16 % นั้นมีโปรตีนสูงถึง 11.72 % เว้นแต่กรด อะมิโนไลซีนเท่านั้นที่มีค่าเพียง 73 % ของเกณฑ์มาตรฐาน ในการพัฒนาอาหารเข้าธัญชาตินี้มีวัตถุประสงค์ให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพโปรตีนที่ดี ด้วยเหตุผลนี้จึงได้เสริมกรดอะมิโนไลซีน

ในปริมาณ 0.25 % ของสูตรส่วนผสมวัตถุดิบ เพื่อให้อาหารเข้าธัญชาตินี้มีกรดอะมิโนไลซีน เท่ากับเกณฑ์มาตรฐาน (100 %) ซึ่งวัตถุดิบตามสูตร ส่วนผสมของอาหารเข้าธัญชาติที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด (สูตร Q) ตาม Table 1 และ เสริมด้วยกรดอะมิโน ไลซีนอีก 0.25 % ผสมให้เข้ากันดีในเครื่องผสมแล้วป้อนเข้าสู่เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่สภาวะการผลิตเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น จากนั้นนำอาหารเข้าธัญชาติที่ได้นี้ไปเคลือบน้ำเชื่อมรสช็อกโกแลตในอัตราส่วนเท่าเดิมแล้วอบแห้ง เสร็จแล้วจัดการส่งตัวอย่างอาหารเข้าธัญชาตินี้ไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนที่ จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายที่ห้องปฏิบัติการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข วิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร วิตามิน เกลือแร่และประเมินคุณค่าทางโภชนาการที่สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสและการยอมรับเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่เผยแพร่จำหน่ายอยู่ปัจจุบัน

นำอาหารเข้าธัญชาติ (สูตร Q) ที่ทำขึ้นมาใหม่นี้มาทดสอบการยอมรับ เปรียบเทียบกับอาหารเข้าธัญชาติที่ใช้กระบวนการผลิตและเคลือบด้วยน้ำเชื่อมรสช็อกโกแลตเหมือนกันและเผยแพร่จำหน่ายอยู่ปัจจุบัน ได้แก่ R' 350 rpm กรู๊บก๊อบ อาหารเข้าธัญชาติที่มีข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลัก ที่ผลิตออกจำหน่ายเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยสถาบันอาหาร NL, MLO และ O.V.T.C ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเข้าที่นำเข้ามาและที่ผลิตในประเทศ โดยใช้ผู้ทดสอบและวิธีการหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว

ผลและวิจารณ์

ปริมาณของแป้งถั่วเหลืองที่เสริมเข้าไปแทนที่ปลายข้าวบดในส่วนผสมของวัตถุดิบแล้วผลิตได้อาหารเช้าธัญชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพโปรตีนตลอดจนเนื้อสัมผัสที่ดี

จาก Table 1 และ 2 ในกลุ่มหนึ่งของอาหารเช้าธัญชาติสูตร M, N, O ที่ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันและ น้ำมันถั่วเหลืองเสริมเข้าไปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพโปรตีนตลอดจนปรับเสริมเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้นนั้น อาหารเช้าธัญชาติสูตร N มีโปรตีน 12.06 % ได้รับคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสและการยอมรับสูงสุดคือ 7.50 และ 7.50 ส่วนอาหารเช้าธัญชาติกลุ่มสองที่ใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม 6 % แทนน้ำมันถั่วเหลือง 1 % พบว่าอาหารเช้าธัญชาติสูตร Q ซึ่งมีโปรตีน 11.80 % ได้รับคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสและการยอมรับสูงสุด คือ 7.65 และ 7.53 เมื่อนำอาหารเช้าธัญชาติ สูตร N และ Q นี้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับอาหารเช้า

ธัญชาติ สูตร S₂ (control) ที่ไม่ได้เสริมด้วยแป้งถั่วเหลือง ผลปรากฏว่าอาหารเช้าธัญชาติ สูตร Q ที่มีปลายข้าวบด แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม น้ำตาลทราย ผงโกโก้ วิตามินและแคลเซียมคาร์โบเนตเป็นส่วนผสมในปริมาณร้อยละ 75, 10, 6, 5, 2.5, 1 และ 0.5 ตามลำดับนั้น ได้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสและการยอมรับสูงสุด คือ 7.98 และ 8.00 ซึ่งสูงกว่าสูตร N (7.53 และ 7.60) และสูตร S₂ (7.08 และ 7.00) ที่ไม่ได้ใช้แป้งถั่วเหลือง ไขมันเต็ม แทนน้ำมันพืช Guy (1994) ได้รายงานว่าในการทำผลิตภัณฑ์อาหารที่มีธัญชาติและหรือแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ที่มีความชื้น < 25 % wwบ ด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันนั้นเมื่อเติมน้ำมันพืชลงไปในส่วนผสมของวัตถุดิบ 0.5 - 1.0 % แล้วจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารอัดพองออกมาได้ดีสม่ำเสมอ และคุณภาพการสัมผัสขณะรับประทานดีขึ้น ด้วยปริมาณน้ำมันที่น้อยมากนี้จึงค่อนข้างยากมากที่จะผสมให้น้ำมันแทรกปนไปกับส่วนผสมของวัตถุดิบที่เป็นแป้งละเอียดได้ดีสม่ำเสมอทั่วถึงกัน หากน้ำมัน

Table 1 Composition of seven formular of broken rice - soybean flour for preparation of broken rice - based breakfast cereals.

Formula (Code)	Broken rice	DFS	FFS	Sugar	Cocoa powder	Mixed vitamins	Soybean oil	CaCO ₃
M	78	12	-	5	2.5	1	1	0.5
N	74	16	-	5	2.5	1	1	0.5
O	70	20	-	5	2.5	1	1	0.5
P	79	6	6	5	2.5	1	-	0.5
Q	75	10	6	5	2.5	1	-	0.5
R	71	14	6	5	2.5	1	-	0.5
S ₂	88	-	-	5	2.5	1	1	2.5

Table 2 Chemical composition, protein-calorie ratio and organoleptic evaluation of flavoured broken rice-based breakfast cereals.

Formula (Code)	% Chemical composition					Protein - calorie ratio			Organoleptic evaluation					
	Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Ash	Energy (K-cal)	Protein (gm) Per 100 K-cal	Expansion ratio	Maximum force in compression (g)	Flavour	Taste	Appearance	Texture	Acceptance
M	4.85	10.52	3.24	78.41	2.98	384.88	2.73	3.2	4,849	7.20 ^b	7.30 ^a	7.30 ^{ab}	7.45 ^a	7.38 ^a
N	4.94	12.06	3.28	76.44	3.28	383.52	3.15	3.0	5,281	7.50 ^a	7.50 ^a	7.43 ^a	7.50 ^a	7.50 ^a
O	4.29	13.58	3.34	75.17	3.62	385.06	3.53	2.9	5,540	7.43 ^{ab}	7.43 ^a	7.18 ^b	7.43 ^a	7.23 ^b
P	4.64	10.38	2.91	78.75	3.12	383.57	2.68	3.2	4,510	7.18 ^a	7.45 ^a	7.45 ^a	7.43 ^a	7.30 ^a
Q	4.73	11.80	2.97	79.05	3.59	390.13	3.02	3.0	4,770	7.45 ^a	7.53 ^a	7.55 ^a	7.65 ^a	7.53 ^a
R	4.10	13.33	2.88	76.91	3.86	382.56	3.48	3.0	5,054	7.45 ^a	7.38 ^a	7.50 ^a	7.18 ^b	7.28 ^a
S2	4.78	6.72	2.68	75.83	3.57	380.00	1.77	3.5	5,200	7.50 ^a	7.28 ^b	6.70 ^b	7.08 ^c	7.00 ^c
N	4.94	12.06	3.28	76.44	3.28	383.25	3.15	3.0	5,281	7.40 ^a	7.63 ^a	7.68 ^a	7.53 ^b	7.60 ^b
Q	4.73	11.80	2.97	76.91	3.59	381.57	3.10	3.0	4,770	7.50 ^a	7.80 ^a	7.65 ^a	7.98 ^a	8.00 ^a

In a column, means with the same letter are not different ($p < 0.05$).

จำนวนนี้ถูกแทนที่ในรูปของวัตถุดิบที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบแล้วก็สามารถใช้ในปริมาณมากขึ้น เช่น ใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 18 % นี้แทนน้ำมันพืช 1 % ก็ต้องใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มประมาณ 6 % ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเพียงพอที่จะแทรกปนไป ในส่วนผสมของวัตถุดิบได้ทั่วถึงสม่ำเสมอดีมากกว่าด้วยเหตุผลนี้จึงส่งผลให้อาหารเข้าธัญชาติสูตร Q ที่มีแป้ง ถั่วเหลืองไขมันเต็ม 6 % ได้รับคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสและการยอมรับสูงกว่าสูตร N และ S₂ ($P < 0.05$).

คุณภาพทางกายภาพของอาหารเข้าธัญชาติ

ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เป็นคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความชอบหรือการยอมรับของผู้บริโภค ฉะนั้นอาหารเข้าธัญชาติที่

พัฒนาขึ้นมาต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี ก็ต้องเป็นชนิดที่โครงสร้าง เนื้อละเอียด รู้อากาศเล็กสม่ำเสมอ ผนังเซลล์บาง (finer texture) และค่อนข้างกรอบแข็ง (crunchy) ซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับสัมพัทธ์กับความหนาแน่น (bulk density) อัตราส่วนการพองตัวและแรงกดบนตัวผลิตภัณฑ์สูงสุด แล้วทำให้ ผลิตภัณฑ์แตก (maximum force in compression) ซึ่งต่อไปใช้คำว่า แรงกดแตก ค่าของแรงกดแตกนี้สามารถบ่งบอกถึงความกรอบนุ่ม (crispiness) กรอบแน่น (crunchiness) กรอบแข็งกระด้าง (hardness) ในลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวผลิตภัณฑ์ได้ จาก Table 2 อาหารเข้าธัญชาติสูตร Q ได้รับคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสและการยอมรับ 7.98 และ 8.00 สูงสุด ความหนาแน่น 166 ก/ล อัตราการพองตัว 3.0 แรงกดแตก 4,770 กรัม เปรียบเทียบกับอาหารเข้าธัญชาติสูตร N ที่อัตราการ

พองตัวเท่ากับสูตร Q แต่ความหนาแน่น 177 ก/ล เป็นเนื้อสัมผัส ที่แน่นมากกว่า แรงที่ใช้กด บนตัวผลิตภัณฑ์ให้แตกจึงต้องมีค่าสูงกว่าสูตร Q มีค่า 5,281 กรัม ก็เป็น ข้อบ่งชี้ให้เห็นว่าอาหารเข้าธัญชาติ สูตร N มีเนื้อสัมผัสที่กรอบแน่นและแข็งมากเกินกว่าที่ผู้บริโภคชอบทำให้ได้รับคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสและการยอมรับเพียง 7.53 และ 7.60 ซึ่งน้อยกว่าสูตร Q ส่วนอาหารเข้าธัญชาติสูตร S₂ (control) ที่มีอัตราการพองตัว 3.50 มากกว่าสองสูตรแรก ความหนาแน่นจึงต่ำกว่า มีค่า 141 ก/ล แต่แรงกดแตกมีค่าสูงถึง 5200 กรัม จากการตัดชิ้นอาหารเข้าธัญชาติ สูตร S₂ นี้ออกดูด้วยตาเปล่าเห็นว่าโครงสร้างของเนื้อสัมผัสเป็นประเภท (coarse texture) ที่มีรูอากาศโตและไม่สม่ำเสมอ ผันเงาของรูอากาศหนา ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นประเภทกรอบแข็งค่อนข้างไปทางกระด้าง (hardness) ทำให้แรงกดแตกสูงและได้รับคะแนนความชอบในด้าน เนื้อสัมผัสและการยอมรับ 7.08 และ 7.00 น้อยที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกันกับที่ ประชา และจุพาลักษณ์ (2540) ได้กล่าวไว้ว่าอาหารเข้าธัญชาติ ที่ทำด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทราซันที่มีเนื้อสัมผัสที่ดึ้นนั้นควรมีความหนาแน่นประมาณ 146 ± 10 ก/ล อัตราส่วนการพองตัว อยู่ในช่วง 3.00 - 3.40 ในที่นี้อาหารเข้าธัญชาติสูตร Q มีลักษณะใกล้เคียงกับเกณฑ์นี้ จึงได้รับคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสและการยอมรับสูงกว่าอีกสองสูตร

การเปรียบเทียบสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารเข้าธัญชาติที่มีปลายข้าวเจ้าเป็นองค์ประกอบหลักกับผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่จำหน่ายในปัจจุบันนี้

ใน Table 3 นั้นแสดงค่าสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารเข้าธัญชาติในปริมาณที่แตกต่างกัน ใน 100 กรัม อาหารเข้าธัญชาติ (สูตร Q) ที่ได้พัฒนามีโปรตีน 11.8 กรัม หรือเทียบเท่าได้เท่ากับ 3.02 กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี ไขมัน 4.7 กรัม เถ้า 4.1 กรัม โยอาหาร 3.6

กรัม พลังงาน 391 กิโลแคลอรี วิตามินเอ 838 IU วิตามินบีสิบสอง 1.20 ไมโครกรัม แคลเซียม 600 มิลลิกรัม เหล็ก 2.8 มิลลิกรัม และไอโอดีน 197 ไมโครกรัม ส่วนใหญ่แล้ว สารอาหารในอาหารเข้าธัญชาติที่ได้จากการพัฒนาในการศึกษามีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าในผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน โดยเฉพาะสารโปรตีน เถ้า และโยอาหารที่มีมากถึง 11.8 กรัม 4.1 กรัม และ 3.6 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาดอื่นๆ มีโปรตีนเถ้าและโยอาหารเพียง 4.7 - 11.72 กรัม 1.3 - 4.0 กรัม และ 1.6 - 3.3 กรัม เว้นแต่อาหารเข้าธัญชาติ NL, MLO เท่านั้น ที่มีโยอาหาร 4.4 กรัม ที่มากกว่า ส่วนแร่ธาตุที่มีมากและเด่นชัดนั้นได้แก่แคลเซียมและไอโอดีน

คุณภาพของอาหารเข้าธัญชาติที่มีปลายข้าวเจ้าเป็นองค์ประกอบหลักโดยเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์กับวัตถุดิบที่ใช้และกับค่าที่แนะนำ (มาตรฐาน) ของ FAO/WHO (1973)

ใน Table 4 กรดอะมิโนแทบทุกตัวในปลายข้าวนั้นมีปริมาณสูงกว่าค่าที่แนะนำ (มาตรฐาน) ของ FAO/WHO (1973) เว้นแต่ไลซีนและเมไทโอนีน + ซิสทีนสองตัวเท่านั้น ที่น้อยกว่า ส่วนข้อด้อยของปลายข้าวคือปริมาณโปรตีนต่ำ (8.09 %) ส่วนแป้ง ถั่วเหลืองไขมันเต็มและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันนั้นถึงแม้ว่า มีกรดอะมิโนที่ จำเป็นในแต่ละตัวไม่มากเท่ากับในปลายข้าวแต่ก็มีโปรตีนมากถึง 43.6 % และ 47.2 % และยังมีกรดอะมิโนไลซีนมากกว่าในปลายข้าวเมื่อใช้แป้งถั่วเหลืองเสริมเข้าไปในส่วนผสมของวัตถุดิบทำอาหารเข้าและเติมกรดอะมิโนไลซีน 0.25 % นอกจากทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญชาติมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากเดิม (สูตร S₂ - control ที่ใช้ปลายข้าวบดเพียงอย่างเดียว) 6.72 % เป็น 11.80 % (สูตร Q) ใน Table 2 แล้วยังทำให้คุณภาพโปรตีนดีขึ้นมากกว่าการใช้ปลายข้าวบดแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งดูได้จาก

Table 3 Comparison of the chemical composition in flavoured broken rice - based breakfast cereals to commercial breakfast cereals available in supermarket.

	Moisture (gm)	Protein (gm)	Fat (gm)	Ash (gm)	Fiber (gm)	Carbohydrate (gm)	Energy (kg-cal)	Protein/ (100 kg-cal)	Vit. A (IU)	Vit.B1 (mg)	Vit.B2 (mg)	Vit.B6 (mg)	Niacin (mg)	Ca (mg)	Fe (mg)
Q	3.9	11.8	4.7	4.1	3.6	75.4	391	3.02	838	0.25	0.46	0.18	2.98	600	2.8
R'2 350 rpm	3.6	11.72	1.86	4	1.88	76.94	371.4	3.16	1747.8	0.48	0.43	0.37	2.98	723.8	3.03
EURO COPP	3.3	7.6	3.6	2.5	2.6	83	395	1.92	188	0.42	1.7	1.47		260	3.83
O.V.T.C	-	8	-	-	-	87.4	371	2.15	616	-	-	6.4	-	52	-
NL.MLO ^{1/}	2.5	9.2	3.1	2.5	4.4	78.3	378	2.43	-	1.4	1.6	2	18	-	14
Donae Choco	1.5	4.7	10	2	-	81.8	436	1.07	-	0.6	0.5	-	3	-	4.5
Donae Strawberry	2	5.2	6	2	-	84.8	414	1.25	-	0.82	0.49	-	5.91	-	5.18
Nestle'Honey ^{1/}	2.5	5.6	8.4	1.3	1.6	80.6	420	1.33	-	1.4	1.6	2	18	-	14
Star															
Nestle ^{1/}	2.5	6.1	3.7	1.6	1.8	84.3	395	1.54	-	1.4	1.6	2	18	-	14
Apple puffs															
Kelloggs ^{1/}	3.8	5.6	1.3	-	3.3	87.1	367	1.52	-	1.86	2.6	-	18.6	-	16.6
Rice Krispies															
Ovaltine crispy	-	5	-	-	2.1	60.2	401	1.25	825	-	-	3		34.5	1.7

^{1/} imported breakfast cereals.

Table 4 Comparison of the essential amino acid contents in flavoured broken rice – based breakfast cereal to raw materials and FAO/WHO standard (1973) in milligrams per gram of protein.

Essential amino acid	Broken rice ^{1/}	Full fat ^{1/} soy flour	Q 6 % FFS 10 % DFS Broken rice-based	R' ^{2/} 350 rpm 16 % DFS Corn-based	FAO/WHO ^{1/} 1973
Isoleucine	43	28	37(93)	34(85)	40
Leucine	80	37	61(87)	96(137)	70
Lysine	37 (67) ^{3/}	39 (70)	63(114) ^{3/}	40(73) ^{3/}	55
Methionine + Cystine	29 (82)	13 (37) ^{3/}	36(103) ^{3/}	41(117) ^{3/}	35
Phenylalanine + Tyrosine	68	42	61(102)	94(157)	60
Threonine	39	28	33(83)	37(93)	40
Tryptophan	11	8	12(120)	11(110)	10
Valine	51	30	40(80)	41(82)	50

Source : ^{1/} Amino acid content of Thai foods. Nutrition Division, Health Dept; Ministry of Public Health. Jan 2533. ISBN 974 – 7955-60-1 39 p.

^{2/} Pracha Boonyasirikool and Chulaluk Charunuch, 1997. Production of Corn – Based Breakfast Cereal By Twin Screw Extruder. Kasetsart J. (Nat. Sci) 31 : 429 – 444 (In Thai)

^{3/} Limiting amino acid

() Chemical score is the percentage of essential amino acid content in foods, compared to the content of the same amino in the tables of recommended contents.

ค่า chemical score ของกรดอะมิโนไลซีนและเมไทโอนีน + ซิสทีน จากเดิม 67, 82 ในปลายข้าวบดเป็น 114 และ 103 ในอาหารเช้าธัญชาติสูตร Q (Table 4) นอกจากนี้ปริมาณของกรด อะมิโนที่จำเป็นทุกตัวในอาหารเช้าธัญชาตินี้ก็มีค่ามากกว่า 80 % ของกรดอะมิโนมาตรฐานที่แนะนำโดย FAO/WHO (1973) จึงนับได้ว่าเป็นอาหารเช้าธัญชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพโปรตีนสมบูรณ์ดีขึ้น

เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารเช้าธัญชาติที่มีปลายข้าวเป็นองค์ประกอบหลัก (สูตร Q) ต่อร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2000 กิโล

แคลอรี

จาก Table 5 อาหารเช้าธัญชาติสูตร Q หนึ่งหน่วย บริโภค (25 กรัม) ให้พลังงานทั้งหมด 100 กิโลแคลอรี หากรับประทานอาหารเช้าธัญชาติ สูตร Q นี้ 20 หน่วย บริโภค (500 กรัม) เพื่อให้ได้พลังงาน 2000 กิโลแคลอรี ตามความต้องการของร่างกายในหนึ่งวัน (Thai RDI) แล้วจะได้สารอาหารอย่างอื่นเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังต่อไปนี้:- ได้คาร์โบไฮเดรต 120 % หรือ 380 กรัม โปรตีน 60 กรัม ใยอาหาร 80 % วิตามินเอ 160 % วิตามินบีหนึ่ง 80 % วิตามินบีสอง 120 % วิตามินบี สิบสอง 300 % แคลเซียม 400 % เหล็ก 80 % และไอโอดีน 700 % ส่วนสารอาหารอื่นที่มีปริมาณน้อยกว่า 80 % ได้แก่ ไขมัน (40 %) วิตามินบีหก (40 %) โซเดียม (60 %) โพแทสเซียม (40 %)

Table 5 Comparision of nutrients in flavoured broken rice - based breakfast cereal (Q) to the percentage of nutrients for Thai RDI.

Nutrition facts			
Serving size : 1 package (25 g)			
Serving per package : 1			
Amount per serving			
Calories 100		Calories from fat 10	
			% Daily Value*
Total fat 1 g			2 %
Saturated fat 0.5 g			2 %
Cholesterol			0 %
Protein 3 g			
Total carbohydrate 19 g			6 %
Dietary fiber less than 1 g			4 %
Sugars 5 g			
Sodium 65 mg	3 %		
Vitamin A	8 %	Calcium	20 %
Vitamin B1	4 %		
Vitamin B2	6 %	Iodine	35 %
Vitamin B12	15 %	Iron	4 %
Vitamin B6	2 %	Potassium	2 %
*Percent daily values are based on a 2000 Kcal diet			
Individual daily values may be higher or lower depenting on calories needs			
	Kcal	2,000	2,500
Total fat	Less than	65 g	80 g
Sat fat	Less than	20 g	25 g
Cholesterol	Less than	300 mg	300 mg
Sodium	Less than	2,400 mg	2,400 mg
Total carbohydrate		300 g	375 g
Dietary fiber		25 g	30 g
Calories per gram : Fat = 9 ; Carbohydrate = 4 ; Protein = 4			

จะเห็นได้ว่าอาหารเข้าธัญชาติ สูตร Q ที่ได้พัฒนาขึ้น มาจากการทดลองนี้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีเหมาะแก่การบริโภคเพราะว่ามีสารอาหารแทบทุกชนิดครบถ้วนตามปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน (Thai RDI) เว้นแต่ไขมัน วิตามินบีหก โซเดียม และโปตัสเซียมเท่านั้นที่มีปริมาณน้อยไป (40 - 60 % ของ Thai RDI) ซึ่งก็สามารถเสริมให้เพิ่มมากขึ้นได้ โดยใช้สารอาหารเหล่านี้ผสมกับน้ำเชื่อมรสช็อกโกแลตที่ใช้เคลือบอาหารเข้าธัญชาติ

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน

ใน Table 6 อาหารเข้าธัญชาติสูตร Q ที่เปรียบเทียบกับ R₂ 350 rpm O.V.T.C และ NL.MLO แล้วได้คะแนนความชอบในทุกลักษณะและคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ เมื่อชิมแบบไม่ใส่นม แต่เมื่อชิมร่วมกับนมแล้วพบว่าคะแนนความชอบในทุกลักษณะของสูตร Q R₂ 350 rpm NL. MLO ลดลงเล็กน้อยเว้นแต่ลักษณะปรากฏเท่านั้นที่คะแนนความชอบเพิ่มขึ้น ส่วนอาหารเข้าธัญชาติสูตร NL. MLO นั้น คะแนนความ

ชอบในรสชาติเพิ่มมากขึ้น เล็กน้อยแต่อาหารเข้าธัญชาติ O.V.T.C กลับได้รับคะแนนความชอบในทุกลักษณะ (7.13 - 7.43) เพิ่มสูงขึ้นและมากกว่า ยกเว้นคะแนนความชอบของลักษณะปรากฏ (7.13) เท่านั้นที่น้อยกว่าอาหารเข้าธัญชาติสูตร Q คะแนนความชอบในทุก ลักษณะของอาหารเข้าธัญชาติ สูตร Q แม้ว่าจะลดลงแต่ก็ไม่แตกต่างจากสูตร R₂ 350 rpm O.V.T.C และ NL. MLO อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ เว้นแต่คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของอาหารเข้าธัญชาติ สูตร Q (7.10) เท่านั้น ที่แตกต่างจากสูตร O.V.T.C (7.43) และ NL. MLO (7.48) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ข้อสังเกตในคะแนนความชอบรสชาติของอาหารเข้าธัญชาติ NL. MLO, O.V.T.C ที่ได้เพิ่มมากขึ้นอีกเล็กน้อยขณะที่อาหารเข้าธัญชาติ สูตร Q ที่พัฒนาขึ้นมากับ R₂ 350 rpm ของสถาบันอาหารกลับมีค่าลดลงนั้น ก็เป็นข้อบ่งชี้ว่ารสชาติของอาหารเข้าธัญชาติสูตร Q และ R₂ 350 rpm นั้นยังเข้มข้นและหวานหอมไม่มากพอที่รับประทานร่วมกับนมส่วนคะแนนความชอบในลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเข้าธัญชาติ O.V.T.C ที่มีความหนาแน่น 159 ก/ล เมื่อชิมร่วมกับนมแล้วได้รับคะแนนความ

Table 6 Organoleptic evaluation of the best acceptance of flavoured broken rice - based breakfast cereal formula Q compare with R₂ 350 rpm O.V.T.C and NL. MLO.

Formula or brand name	Bulk density g/l	Eating without milk					Eating with milk				
		Flavour	Taste	Appearance	Texture	Acceptance	Flavour	Taste	Appearance	Texture	Acceptance
Q	166	7.23	7.23	7.25	7.33	7.30	7.10	7.18	7.25	7.10 ^b	7.08
R ₂ 350 rpm	117	6.98	7.13	6.95	7.28	7.18	6.88	6.98	7.08	6.90 ^b	6.98
O.V.T.C	159	7.03	7.05	7.10	7.38	7.15	7.25	7.28	7.13	7.43 ^a	7.18
NL. MLO	137	7.35	7.30	7.00	7.63	7.48	7.30	7.40	7.18	7.48 ^a	7.35

In a column, means with the same letter are not different at ($p < 0.05$).

ชอบเพิ่มขึ้น ก็เป็นข้อบ่งชี้ว่าลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ แน่นพอดีแต่สูตร Q มีความหนาแน่น 166 ก/ล ได้รับคะแนนความชอบลดลงแสดงว่ากรอบแน่นมากเกินไป ในขณะที่อาหารเข้าธัญชาติ NL. MLO มีความหนาแน่น 137 ก/ล ได้รับคะแนนความชอบ 7.63 เป็นคะแนนสูงสุด เมื่อชิมไม่ใส่นม แต่เมื่อชิมร่วมกับนมแล้วได้รับคะแนนความชอบลดลง แสดงว่าอาหารเข้าธัญชาติ NL. MLO ยังมีความหนาแน่นไม่พอที่จะคงความกรอบไว้ได้ขณะรับประทานร่วมกับนม สรุปอาหารเข้าธัญชาติที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซทรูชันที่ดีนั้นควรมีความหนาแน่นสูงกว่า 137 ก/ล และ ไม่เกิน 159 ก/ล หรือประมาณ 146 ± 10 ก/ล (ประชา และ จุฬาลักษณ์, 2540) และควรมีรสชาติที่เข้มข้น

สรุป

อาหารเข้าธัญชาติสูตร Q ที่มีปลายข้าวบดเป็นองค์ประกอบหลัก ได้พัฒนาขึ้นมาแล้วด้วยการเสริมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน 10 % แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม 6 % และกรดอะมิโนไลซีน 0.25 % นั้น มีความหนาแน่น 166 ก/ล อัตราการพอง 3.0 วัดแรงกดแตกได้ 4,770 กรัม คุณค่าทางโภชนาการ ใน 100 กรัม มีสารโปรตีน 11.80 % หรือ 3.02 กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี เถ้า 4.1 กรัม ใยอาหาร 3.6 กรัม วิตามินเอ 254 มิลลิกรัม (838 I.U.) วิตามิน บีสิบสอง 1.2 มก. แคลเซียม 600 มิลลิกรัม และไอโอดีน 197 มก. เป็นปริมาณที่สูงกว่าในอาหารเข้าธัญชาติประเภทเดียวกันทั้ง 10 ตัวอย่าง ที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันนี้ ที่ซึ่งมีโปรตีนเพียง 4.7 - 11.72 กรัม เถ้า 1.3 - 4.0 กรัม ใยอาหาร 1.6 - 4.4 กรัม โปรตีน 3.02 กรัมนี้ก็สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอาหารที่ดีควรบริโภคประจำที่ได้กำหนดปริมาณโปรตีนไว้ที่ 2.5 - 3.0 กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี ส่วนคุณภาพโปรตีนที่ดีขึ้นมี chemical score ของกรดอะมิโนไลซีนและเมไทโอนีน + ซิสทีน เท่ากับ

114 และ 103 ซึ่งมากกว่า ในปลายข้าวบดที่มีเพียง 67 และ 82 เท่านั้น กรดอะมิโนที่ จำเป็นทุกตัวของอาหารเข้าธัญชาติสูตร Q มีค่ามากกว่า 80 % ของกรดอะมิโนมาตรฐานที่แนะนำโดย FAO/WHO (1973) และเมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี แล้วอาหารเข้าธัญชาติ สูตร Q ที่ได้พัฒนาขึ้นมาให้สารอาหาร วิตามิน แกลีแอ์ ทุกตัวอยู่ในช่วง 80 - 700 % เว้นแต่ ไขมัน วิตามิน บีหก โซเดียมและโปตัสเซียมเท่านั้น ที่ได้น้อย (40 - 60 % ของ Thai RDI) การประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scale เปรียบเทียบกับ NL. MLO ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ O.V.T.C เป็นอาหารเข้าธัญชาติที่ทำในประเทศ และ R₂ 350 rpm หรือกึ่งกรึบ ทำโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่าอาหารเข้าธัญชาติสูตร Q ได้คะแนนความชอบรสชาติเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ เมื่อชิมแบบไม่ใส่นมและชิมร่วมกับนม เว้นแต่คะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสเมื่อชิมร่วมกับนมของสูตร Q (7.10) เท่านั้นที่ แตกต่างจาก NL. MLO (7.48) และ O.V.T.C (7.43) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ สรุปโดยรวมแล้วอาหารเข้าธัญชาติที่มีปลายข้าวบดเป็นองค์ประกอบหลักที่ได้พัฒนาขึ้นมาจากการทดลองนี้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปริมาณและคุณภาพโปรตีนดี ราคาถูก การยอมรับ รสชาติเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมากเล็กน้อยซึ่งก็เหมาะแก่การบริโภคเป็นอาหารเช้าอย่างยิ่ง แต่จะดีมากยิ่งขึ้นหากได้เพิ่มความเข้มข้น ความหอม หวานมันของน้ำเชื่อมรสช็อกโกแลตที่ใช้เคลือบอีกเล็กน้อยและลดความหนาแน่นตัวอาหารเข้าธัญชาติจาก 166 ก/ล ลงมาอยู่ในช่วง 146 ± 10 ก/ล เพราะว่าการยอมรับอาหารเข้าธัญชาตินอกจากพิจารณาในเนื้อสัมผัสซึ่งต้องกรอบแน่นนุ่ม

พอดีแล้ว กลิ่น - รส ความหอม หวานก็ต้องเข้มข้น
พอเหมาะรวมทั้ง รูปลักษณะ ปรากฏก็ต้องดูดี ซึ่ง
ลักษณะเหล่านี้ล้วนแล้วมีส่วนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้
อาหารเข้ารสชาติได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมาก
ยิ่งขึ้น และนอกจากนี้ยังได้มีส่วนช่วยส่งเสริมการใช้
และเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวและแป้งถั่วเหลืองอีก
ทางหนึ่งด้วย

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันค้นคว้าและพัฒนา
ผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุน
สนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ. 2533 ตารางแสดงชนิดและปริมาณ
กรดอะมิโนในอาหารไทย กรมอนามัย มกราคม
2533. กรุงเทพฯ. 39 น.
- ประชา บุญญศิริกุล และจุฬาลักษณ์ จารุณช. 2540. การ
ผลิตอาหารเข้ารสชาติที่มีข้าวโพดเป็นองค์
ประกอบหลักโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรู. ว.
เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 31 : 429 - 444.
- ศิริพร วิเศษสุรการ, เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์, และโสภา
อิทธิวณะ. 2534. การใช้ปลายข้าวเจ้าในการพัฒนา
ผลิตภัณฑ์อาหารเข้า. อาหาร 21 : 42 - 36.
- อรอนงค์ นัยวิกุล และ ลินดา พงศ์ผาสุก 2536. อาหาร
เข้าจากธัญชาติ. อุตสาหกรรมเกษตร 4 : 5-15.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis 15th ed.
The Association of Official Analytical Chemists.
Arlington, Virginia. 1298 p.
- Autret, M. 1969. World protein supplies and needs,
pp 3-19. In R.A Lawrie (ed.). Proteins as Human
Food. The AVI Publishing Co, Inc., Westport,
Connecticut.
- Boonyasirikool, P., S. Reungmanee-paitoon, S.
Thippayang, and S. Prabhavat. 1986. Research
on the Production of High Protein Snack Foods.
ASEAN-Thailand Food Technology Research
and Development 1982 - 1985. Institute of Food
Research and Product Development, Kasetsart
University. Bangkok. 69 p.
- Chemmanur, Y.B., N.B. Mohamad, Abdul Karim, and
T.K., Tan. 1992. Evaluation of flour high-protein
rice-soy snack formulations. J. Fd. Sci. Technol.
27 : 715-719.
- Guy, R.C.E. 1994. Raw materials for extrusion
cooking process, pp. 52-72. In N.D. Frame (ed.).
The Technology of Extrusion Cooking. Blackie
Academic and Professional, and imprint of
Chapman and hall, Wester Cleddens Road,
Bishopbriggs, Glasgow.
- Harper, J.M. 1981. Extrusion of Foods. Volume I.
Food Extrusion. CRC Press, Inc., Boca Raton,
Florida. 212 p.
- Miller, R.C. 1988. Continuous cooking of breakfast
cereal. Cereal Foods World 33 : 281-291
- Noguchi, A., W. Kugimiya, Z. Hague, and K. Saio.
1981. Physical and chemical characteristics of
extruded rice flour and rice flour fortified with
soybean protein isolate. J. Food Sci. 47 : 240-
245.
- Tantisirin, K. and B. Mowleekulpairroj. 1982. Formu-
lation of supplementary food for infants and
young children. J. Nutr. Assoc. Thailand 16 : 27-
36.

วันรับเรื่อง : 26 ม.ค. 42
วันรับตีพิมพ์ : 4 มิ.ย. 42