

## การใช้โปรตีนรำข้าวทดแทนเรนเนตเคซีนในเนยแข็งเทียมชนิดทา

### Substitution of Rennet Casein with Rice Bran Protein in Artificial Cheese Spread

วุฒิชัย นาครักษา

วิสุทธนา สมุทรศรี

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

#### บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตเนยแข็งเทียมชนิดทาด้วยโปรตีนรำข้าวในปริมาณ 0 10 20 40 60 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเรนเนตเคซีน พบว่าผลิตภัณฑ์มีความชื้นอยู่ในช่วง 95.13-95.80 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.40-7.28 เมื่อทำการวัดค่าสี พบว่าการเพิ่มปริมาณโปรตีนรำข้าวทำให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีแนวโน้มลดลง แต่มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาวถึงสีน้ำตาลเข้ม ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความสามารถในการทำ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนรำข้าว แรงที่ใช้ในการทาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ผลิตภัณฑ์สามารถป้ายทาได้ง่ายขึ้น และเนยแข็งเทียมชนิดทาสูตรที่ใช้โปรตีนรำข้าว 40 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทาใกล้เคียงกับเนยแข็งชนิดทาในทางการค้า การประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝน (8 คน) พบว่าปริมาณโปรตีนรำข้าวไม่มีผลต่อความเรียบเนียน รสเค็ม รสเผื่อน และความชุ่มฉ่ำน้ำมัน แต่มีผลทำให้ความสามารถในการทำและกลิ่นแป้งต้มของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) จากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนของผู้ทดสอบชิม (20 คน) เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ไม่เติมโปรตีนรำข้าวมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ในด้านรสชาติ การยอมรับโดยรวม สี และกลิ่นสูงกว่าเนยแข็งเทียมสูตรอื่น แต่ในด้านความสามารถในการทำ เนยแข็งเทียมสูตรที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 40 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนสูงสุด

คำสำคัญ: เนยแข็ง, เนยแข็งเทียม, โปรตีนรำข้าว, ความสามารถในการทา

#### Abstract

Effects of adding rice bran protein (0, 10, 20, 40, 60, 80, and 100 %w/w of rennet casein) on characteristics of artificial cheese spread were studied. The artificial cheese spread had 95.13-95.80 % moisture content and pH 6.40-7.28. On the basis of color, L-value decreased with an increase of rice bran protein whereas a- and b-values increased. Artificial cheese spread gave white color whereas an increase of rice bran protein in cheese gave slightly dark brown colour. Artificial cheese spread with higher substitution of rennet casein with rice bran protein showed significant lower value of spreadability ( $p<0.05$ ). Among the whole treatments, the artificial cheese spread with 40% rice bran protein gave spreadability similar to the commercial cheese spread. Trained panelists ( $n=8$ ) conducted quantitative descriptive analysis of imitation cheese spread containing rice bran protein. Spreadability and boiled starch odor of artificial cheese spread increased as rice bran protein increased. However smoothness, saltiness, astringency, and oiliness were not significantly different. From sensory evaluation (5-point hedonic scale;  $n=20$ ), the artificial cheese spread without rice bran protein showed higher scores in taste, overall acceptability, color, and flavor than the others whereas 40% rice bran protein gave a highest score in spreadability.

Keywords: Cheese, Imitation cheese, Rice bran protein, Spreadability

## 1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย โดยไทยเป็นประเทศที่มีบทบาทสำคัญต่อวงการค้าข้าวในฐานะผู้ส่งออกข้าวมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก [1] จึงมีผลพลอยได้ (by product) จากการขัดสีข้าวจำนวนมาก ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากการขัดสีข้าวจะเป็นการเพิ่มมูลค่าข้าวได้ยิ่งขึ้น ซึ่งเมื่อนำข้าวเปลือกมาผ่านการขัดสีจะได้ส่วนที่เป็น รำข้าว (rice bran) 8.80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปรำข้าวจะถูกใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์และเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) แต่จากองค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว ซึ่งมีโปรตีน 12.0-15.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 15.0-19.7 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยหยาบ 7.0-11.4 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 34.1-52.3 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 6.6-9.9 เปอร์เซ็นต์ [2] กล่าวได้ว่ารำข้าวเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงและเป็นโปรตีนที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ (hypoallergenic) โดยมีโปรตีนหลักคือ แอลบูมินและไกลบูลิน ซึ่งมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง โดยเฉพาะไลซีน (lysine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่จำกัดเป็นอันดับแรก (first limiting essential amino acid) อยู่ในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับแหล่งธัญพืชอื่นๆ [3] จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำโปรตีนรำข้าวมาทดแทนเรนเนตเคซีนในการผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมเพราะใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าการผลิตจากนํ้านมโดยตรง [4] ประกอบกับในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น เนยแข็งเทียมที่มีน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบจึงสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ เพราะน้ำมันรำข้าวมีโอริซานอล (oryzanol) วิตามินกลุ่มโทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienol) ในปริมาณสูง ช่วยต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง นอกจากนี้ น้ำมันรำข้าวยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated Fatty Acid : MUFA) ปริมาณสูงซึ่งสามารถลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (Low Density Lipoprotein Cholesterol : LDL-C) ทำให้ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ [5,6] โดยทั่วไป ไม่ควรบริโภคไขมันเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ได้รับทั้งหมดในแต่ละมื้อ [7] ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมที่ใช้ น้ำมันรำข้าวเป็นส่วนประกอบและทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว จึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากรำข้าวให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีมูลค่าสูงขึ้น

## 2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน

### 2.1 การเตรียมโปรตีนรำข้าว

นำรำข้าวมาผ่านตะแกรงก่อนสกัดน้ำมันออกจากรำข้าว โดยผสมรำข้าวและเฮกเซนในอัตราส่วน 1:4 กวนผสม 30 นาที เมื่อครบเวลานำมากรองแยกตะกอนรำข้าว จากนั้นระเหยเฮกเซนโดยตั้งตะกอนรำข้าวที่ได้ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 1 คืน แล้วเก็บรำข้าวในที่แห้ง นำรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันมาสกัดโปรตีนรำข้าว [8] โดยผสมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:4 ปรับพีเอชเป็น 9.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ กวนผสม 30 นาที นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที (Allegra X-12R Centrifuge, Germany) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำส่วนใสมาปรับพีเอชเป็น 4.5 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ หมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ล้างตะกอนให้เป็นกลาง โดยผสมตะกอนกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 4 วัตพีเอช แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที นำตะกอนที่ได้มาผสมกับน้ำกลั่นอีกครั้งด้วยอัตราส่วนเดิมเพื่อวัตพีเอช ทำเช่นนี้จนกว่าตะกอนที่ได้จะมีพีเอชเป็นกลาง ก่อนนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที [8] วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของโปรตีนรำข้าวที่ตกตะกอนได้เพื่อนำไปคำนวณปริมาณโปรตีนรำข้าวที่ทดแทนเรนเนตเคซีน

### 2.2 การศึกษาชนิดของโปรตีนรำข้าวโดยอาศัยสมบัติการละลาย

นำโปรตีนรำข้าวที่สกัดได้ในข้อ 2.1 มาวิเคราะห์ชนิดของโปรตีนโดยอาศัยสมบัติการละลาย ละลายโปรตีนในสารละลายต่างๆ ได้แก่ น้ำกลั่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ สารละลายเอทานอลความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ พีเอช 10 ในอัตราส่วนโปรตีน: สารละลาย 1:20 โดยน้ำหนัก จากนั้นกวนผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อละลายโปรตีน ตกตะกอนโปรตีนโดยการปรับพีเอชเป็น 4.5 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่แยกได้ด้วยวิธี Kjeldahl (N x 5.95) (Gerhardt, Germany) [9]

### 2.3 การเตรียมเรนเนตเคซีน

นํ้านมพาสเจอร์ไรส์ขาดมันเนยมาเติมแคลเซียมคลอไรด์ 1.6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปรับพีเอช (Mettler, Toledo



MP220) เป็น 6.3 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ นำมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียสในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert WB29) เพื่อให้มีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ จากนั้นเติมเอนไซม์เรนเนตที่ความเข้มข้น 0.00025 กรัมต่อนมพาสเจอร์ไรส์ 100 มิลลิลิตร กวนผสมและตั้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 15-20 นาที เมื่อครบเวลานำสารละลายที่ได้ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อให้เรนเนตเคซีนตกตะกอน จากนั้นกรองแยกตะกอนที่ได้และวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Mettler Toledo HR73) เพื่อนำไปคำนวณปริมาณเรนเนตเคซีนที่ถูกทดแทนด้วยโปรตีนรำข้าว

#### 2.4 การทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าวในเนยแข็งเทียมชนิดทา

ผลิตเนยแข็งเทียมชนิดทาในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียสตลอดการทดลองโดยใช้ส่วนผสมตามสูตรดังตารางที่ 2.1 ในสูตรที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว นำโปรตีนรำข้าวที่ผลิตได้จากข้อ 2.1 มาทดแทนเรนเนตเคซีนในปริมาณ 0, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเรนเนตเคซีนทั้งหมด ละลายไตรโซเดียมซิเตรท ไตรโซเดียมฟอสเฟตและไตรโซเดียมฟอสเฟตในน้ำกลั่น เดิมทีกับ 1 นาที ด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ 11,000 รอบต่อนาที (IKA Works, Japan) เดิมเรนเนตเคซีน ตีปั่น 5 นาที ด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ 11,000 รอบต่อนาที และเพิ่มความเร็วยกเป็น 16,000 รอบต่อนาที จึงเติมน้ำมันรำข้าวที่ละเอียด ตีปั่น 30 นาที เติมน้ำเกลือและกวนผสม 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาทีด้วยเครื่องกวนผสม (VELP Scientifica) เก็บเนยแข็งเทียมชนิดทาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมของเนยแข็งเทียม

ส่วนผสม	อัตราส่วนที่ใช้โดยน้ำหนัก
น้ำ	80.00
น้ำมันรำข้าว	24.30
เรนเนตเคซีน	18.30
แป้งข้าวเหนียว	3.00
ไตรโซเดียมซิเตรท	2.50
ไตรโซเดียมฟอสเฟต	0.25
ไตรโซเดียมฟอสเฟต	0.25
กัวกัม	0.20

ที่มา : ดัดแปลงจาก [10]

#### 2.5 ปริมาณความชื้นและพีเอชของเนยแข็งเทียมชนิดทา

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเนยแข็งเทียม [9] และวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (Mettler Toledo MP 220)

#### 2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความสามารถในการทา (Spreadability) ของเนยแข็งเทียมชนิดทา

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ด้านความสามารถในการทาด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro Systems TA-XT2) โดยบรรจุเนยแข็งเทียมให้ถึงขีดปริมาตร 40 มิลลิลิตรในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ใช้หัววัดแบบกรวย (conical probe) ความเร็วการวัด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที แสดงผลความสามารถในการทาในหน่วยกรัมแรง (g Force) ที่ใช้ในการกด เปรียบเทียบกับเนยแข็งเทียมสูตรที่ไม่เติมโปรตีนรำข้าวและเนยแข็งไขมันต่ำชนิดทาทางการค้า

#### 2.7 สีของเนยแข็งเทียมชนิดทา

ตรวจวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมชนิดทาและรายงานค่าสีในระบบ L\* a\* b\* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta (รุ่น CR-300)

#### 2.8 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ออกมาตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เสรีฟตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 10 มิลลิลิตรในภาชนะพลาสติกใส โดยเสรีฟพร้อม กับแครกเกอร์ชนิดจืด ดราริทซ์ ใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 8 คน ซึ่งผ่านการฝึกฝนร่วมกัน 6 ชั่วโมง ทดสอบเชิงพรรณนาปริมาณ (Qualitative descriptive analysis , QDA) โดยกลุ่มผู้ทดสอบกำหนดคำศัพท์เพื่ออธิบายคุณลักษณะของตัวอย่างที่ทดสอบ ได้แก่ ความสามารถในการทา (spreadability) ความเรียบเนียน (smoothness) รสเค็ม (saltiness) รสฝืด (astringency) กลิ่นแป้งต้ม (boiled starch odor) ความชุ่มฉ่ำมัน (oiliness) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเนยแข็งเทียมชนิดทาจากโปรตีนรำข้าวและเนยแข็งไขมันต่ำชนิดทาในทางการค้า ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประเมินผลทางประสาทสัมผัสตัวอย่างเนยแข็งเทียมชนิดทาสูตรที่ไม่เติมโปรตีนรำข้าว และสูตรที่เติมโปรตีนรำข้าวในปริมาณต่างๆ โดยใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนน (5-point hedonic scale) เพื่อหาความชอบในด้านความสามารถในการทา (spreadability) สี (color) กลิ่น (flavor) รสชาติ (taste) และการยอมรับโดยรวม (overall

acceptability) โดยวิธีการให้คะแนน 5 คือ ชอบมาก และ 1 คือ ไม่ชอบมาก วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

### 3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 3.1 ชนิดของโปรตีนรำข้าว

การจำแนกชนิดของโปรตีนจากรำข้าวโดยอาศัยสมบัติการละลายของโปรตีน [9] แสดงดังตารางที่ 3.1 พบว่าโปรตีนรำข้าวมีปริมาณโปรตีนชนิดต่างๆแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีโปรตีนชนิดแอลบูมินสูงสุด รองลงมา คือ โกลบูลิน กลูเตลิน และโพรลามีนต่ำสุดตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [11] ซึ่งสกัดโปรตีนรำข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ โปรตีนที่พบในรำข้าวประกอบด้วยโปรตีนชนิดแอลบูมินปริมาณสูงสุดและมีโพรลามีนปริมาณต่ำสุด

ตารางที่ 3.1 ชนิดของโปรตีนรำข้าว

ชนิดของโปรตีน <sup>1</sup>	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) <sup>2</sup>
แอลบูมิน	38.24 <sup>a</sup>
โกลบูลิน	32.57 <sup>a</sup>
โพรลามีน	2.47 <sup>b</sup>
กลูเตลิน	26.73 <sup>c</sup>

#### หมายเหตุ

<sup>1</sup>จำแนกโดยอาศัยสมบัติการละลายของโปรตีน

<sup>2</sup> $n \times 5, 95$

<sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 3.2 ปริมาณความชื้นและพีเอชของเนยแข็งเทียมชนิดทา

โดยทั่วไปเนยแข็งเทียมชนิดโพรเซสจะมีความชื้นอยู่ในช่วง 55.6-65.8 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากเนยแข็งเทียมส่วนใหญ่จะผลิตขึ้นเพื่อเลียนแบบเนยแข็งที่มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง (Hard cheese) เช่น เชดดาร์ชีส หรือมอสซาเรลลาชีสที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตแซนด์วิชอบ พิซซา และผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นที่ต้องผ่านความร้อนก่อนรับประทาน [12,13] แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการผลิตเนยแข็งเทียมชนิดทา (Artificial cheese spread) จากตารางที่ 3.2 พบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นลักษณะของเนยแข็งเทียมชนิดทา โดยพบว่าเนยแข็ง

เทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าวทุกสูตรมีความชื้นอยู่ในช่วง 95.13-95.80 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นของเนยแข็งไขมันต่ำชนิดทาทางการค้าสูตรไขมันต่ำกว่าเนยสด 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ เนยแข็งเทียมชนิดทามีเนื้อสัมผัสไม่แน่น ความแข็งแรงของร่างแหโปรตีนต่ำ เมื่อมีแรงมากระทำจะทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างร่างแหโปรตีนภายในผลิตภัณฑ์ลดลง [14] เนยแข็งเทียมจึงสามารถทำได้ [15]

ตารางที่ 3.2 ปริมาณความชื้นและพีเอชของเนยแข็งเทียมชนิดทา

Rice Bran Protein (%)	Moisture (%)	pH
0	95.33±0.32	7.28±0.30
10	95.48±0.25	6.80±0.12
20	95.29±0.37	6.75±0.12
40	95.80±1.74	6.59±0.08
60	95.13±0.36	6.48±0.17
80	95.54±0.32	6.40±0.17
100	95.49±0.22	6.44±0.20

#### หมายเหตุ

Commercial Cheese Spread	Moisture (%)	pH
60 % Less Fat than Butter	95.01±0.15	4.85±0.01
80 % Less Fat than Butter	97.12±0.08	4.75±0.00

ผลการวิเคราะห์พีเอชของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว จากตารางที่ 3.2 พบว่าผลิตภัณฑ์มีพีเอชเป็นกลาง อยู่ในช่วง 6.40-7.28 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีพีเอชลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนรำข้าวเพิ่มขึ้น การที่พีเอชลดลงเป็นการลดความแรงของประจุโดยรวมของโปรตีนในระบบ ทำให้เกิดเคซีนการดูดซับน้ำ (hydration) มากขึ้น เนยแข็งเทียมชนิดทาที่มีพีเอชต่ำจึงใช้แรงในการทาลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลความสามารถในการทาของเนยแข็งเทียมชนิดทา (ตารางที่ 3.3) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ [16] ที่พบว่าเนยแข็งเทียมชนิดทาที่มีพีเอชสูงมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวคล้ายครีมและเจล

#### 3.3 ความสามารถในการทาของเนยแข็งเทียมชนิดทา

การทาหรือการป้ายเป็นสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเนยแข็งชนิดทา มีรายงานว่า การใช้แป้งที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นอะไมโลสจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมมีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่น [13] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้แป้งข้าวเหนียว



เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ เพราะประกอบด้วยอะไมโลเพกตินที่มีโครงสร้างเป็นกึ่งก้านสาขา เพื่อแก้ปัญหาเนื้อสัมผัสแน่น ช่วยให้ผลิตภัณฑ์สามารถอุ้มน้ำและมีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยร่วมกับการใช้กัวกัมซึ่งทำหน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืดที่เมื่อใช้ร่วมกับแป้งข้าวเหนียว กัมจะดูดน้ำอย่างรวดเร็วและให้ค่าความหนืดสูงสุด [17,18,19] และทำให้ผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมมีความคงตัวสูงสุด เจลที่ได้มีคุณสมบัติคล้ายพอลิเมอร์ [20]

ตารางที่ 3.3 ความสามารถในการทาของเนยแข็งเทียมชนิดทา

Sample	<sup>1</sup> Spreadability ( g Force)
Imitation Cheese Spread <sup>2</sup>	
0 %RBP	170.33±23.87 <sup>a</sup>
10 %RBP	167.67±25.59 <sup>a</sup>
20 %RBP	150.20±25.11 <sup>a</sup>
40 %RBP	102.81±19.18 <sup>b</sup>
60 %RBP	86.48±21.41 <sup>b</sup>
80 %RBP	49.34±20.19 <sup>c</sup>
100 %RBP	84.09±23.41 <sup>b</sup>
Commercial Cheese Spread <sup>3</sup>	
60 %LFB	124.60±1.55
80 %LFB	100.60±6.50

#### หมายเหตุ

<sup>1</sup>แรงที่มาก แสดงว่าป้ายทาได้ยาก

<sup>2</sup>RBP หมายถึงโปรตีนรำข้าว

<sup>3</sup>LFB หมายถึงเนยแข็งไขมันต่ำชนิดทาทางการค้า

abc...ตัวอักษรกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทาของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว แสดงดังตารางที่ 3.3 พบว่าผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการทาแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และเนยแข็งเทียมในสูตรที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 40 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทาใกล้เคียงกับเนยแข็งไขมันต่ำชนิดทาทางการค้าสูตรที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าเนยสด 80 เปอร์เซ็นต์ เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ไม่เติมโปรตีนรำข้าว มีปริมาณเรนเนตเคซีนสูงซึ่งเป็นโปรตีนโครงสร้างกลม (globular protein) ที่มีโปรตีนหน่วยย่อยเป็นไกลโค-ฟอสโฟ-โปรตีน (glyco-phospho-protein) ที่รวมอยู่กับแคลเซียมฟอสเฟต มีโครงสร้างร่างแหที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับโปรตีนที่แข็งแรงมาก การโอ

โมจิโนส์ช่วยเพิ่มจำนวนเม็ดไขมันและพื้นที่ผิวไขมัน โปรตีนจะมีส่วนช่วยสร้างความเสถียรให้กับไขมัน โดยสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนและหุ้มเม็ดไขมัน [21] ทำให้เนยแข็งเทียมชนิดทาที่มีปริมาณเรนเนตเคซีนสูงต้องใช้แรงในการทาสูง ส่วนในสูตรที่มีปริมาณเรนเนตเคซีนลดลง จะเห็นว่าการที่ใช้ในการทาลดลง ผลิตภัณฑ์สามารถป้ายทาได้ง่ายขึ้น

แม้ว่าการเพิ่มปริมาณโปรตีนรำข้าวในเนยแข็งเทียมชนิดทาจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมสามารถป้ายทาได้มากขึ้น แต่การทดแทนเรนเนตเคซีนทั้งหมดด้วยโปรตีนรำข้าว 100 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้แรงในการทาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 80 เปอร์เซ็นต์ สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากโปรตีนชนิดกลูเตลินในโปรตีนรำข้าว ทั้งนี้จากกฎการละลายของ Osborne ที่ใช้ในการละลายโปรตีนรำข้าวเอื้อให้มีโปรตีนชนิดกลูเตลินละลายออกมามากเพราะละลายได้ในสารละลายต่าง ซึ่งสารละลายต่างจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก และพันธะไดซัลไฟด์ เกิด hydrophobic interaction ของโปรตีน โดยโปรตีนจะหันเอาด้านที่ไม่มีขั้วออกและเกิดการคลายตัวหลุดออกเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งโปรตีนจะเกาะตัวกันตกตะกอนลงมา [11] ดังนั้นเนยแข็งเทียมสูตรที่มีโปรตีนรำข้าว 100 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องใช้แรงในการทาเพิ่มขึ้น

#### 3.4 สีของเนยแข็งเทียมชนิดทา

ค่าความสว่างและค่าสีของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว แสดงดังตารางที่ 3.4 พบว่าเนยแข็งเทียมสูตรที่ไม่เติมโปรตีนรำข้าว มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) สูงสุด คือ  $91.69 \pm 0.83$  ซึ่งใกล้เคียงกับเนยแข็งทางการค้าสูตรไขมันต่ำกว่าเนยสด 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาจากค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีค่า  $-2.54 \pm 0.08$  และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่า  $10.28 \pm 0.74$  พบว่าผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมสูตรไม่เติมโปรตีนรำข้าวมีสีขาว และเมื่อเติมโปรตีนรำข้าว พบว่าค่าความสว่างของเนยแข็งเทียมมีแนวโน้มลดลง แต่มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าวมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามปริมาณโปรตีนรำข้าวที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เกิดจากสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ที่มีในโปรตีนรำข้าว [22] และเนยแข็งเทียม

สูตรที่เติมโปรตีนรำข้าวปริมาณ 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 3.4 ค่าความสว่างและค่าสีของเนยแข็งเทียมชนิดทา

Sample	L*	a*	b*
<b>Imitation Cheese Spread<sup>1</sup></b>			
0 %RBP	91.69±0.83 <sup>a</sup>	-2.54±0.08 <sup>a</sup>	10.28±0.74 <sup>a</sup>
10 %RBP	83.69±0.76 <sup>b</sup>	1.24±0.45 <sup>b</sup>	11.69±0.71 <sup>b</sup>
20 %RBP	78.71±3.47 <sup>c</sup>	2.88±0.51 <sup>c</sup>	13.54±0.76 <sup>c</sup>
40 %RBP	76.08±1.84 <sup>d</sup>	3.72±0.33 <sup>d</sup>	13.49±0.62 <sup>c</sup>
60 %RBP	72.58±0.64 <sup>e</sup>	4.32±0.17 <sup>e</sup>	13.99±1.24 <sup>c</sup>
80 %RBP	72.15±0.54 <sup>e</sup>	4.29±0.12 <sup>e</sup>	13.68±1.19 <sup>c</sup>
100 %RBP	71.00±3.52 <sup>e</sup>	4.28±0.74 <sup>e</sup>	13.53±0.73 <sup>c</sup>
<b>Commercial Cheese Spread<sup>2</sup></b>			
60 %LFB	92.25±0.57	-4.13±0.17	20.10±0.52
80 %LFB	93.93±0.53	-3.35±0.09	14.34±0.59

**หมายเหตุ**

RBP หมายถึงโปรตีนรำข้าว

LFB หมายถึงเนยแข็งไขมันต่ำชนิดทาทางการค้า

ตัวอักษรกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

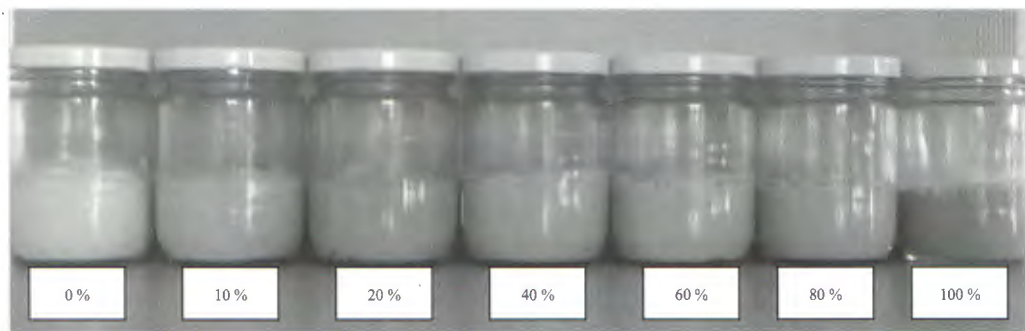
**3.4 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งเทียมชนิดทา**

**3.4.1 ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเนยแข็งเทียมชนิดทา**

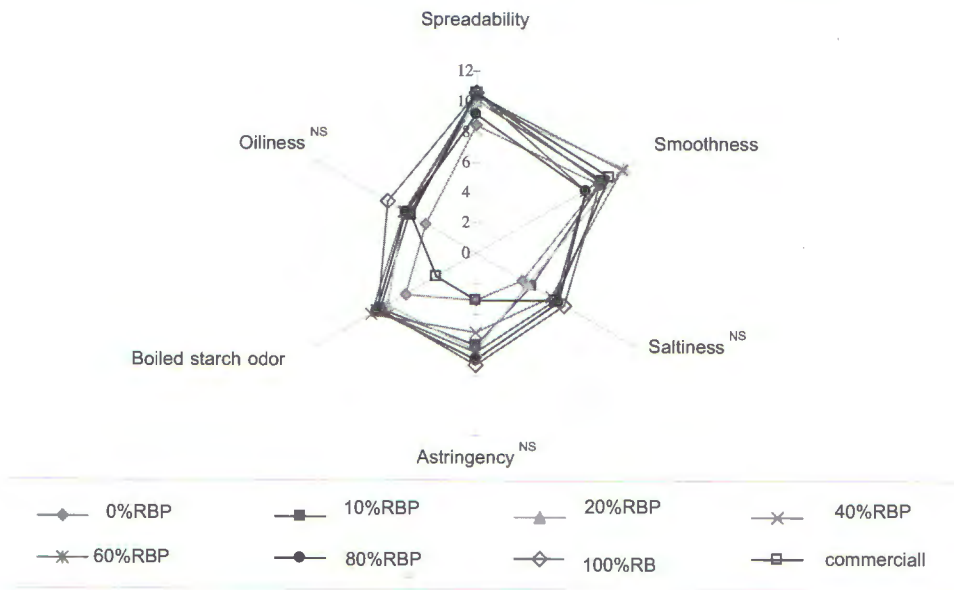
ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าวที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ แสดงในรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าเนยแข็งทางการค้าและเนยแข็งเทียมมีความเรียบเนียน รสเค็ม รสเผื่อนและความชุ่มฉ่ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แสดงว่าโปรตีนรำข้าวไม่มีผลต่อการรับรู้คุณลักษณะดังกล่าวของผู้ทดสอบชิมซึ่งต่างจากงานวิจัยของ [23] ที่พบว่าเนยแข็งที่ใช้โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเป็นสารทดแทนไขมัน มีความเรียบเนียนกว่าเนยแข็งทั่วไป

แม้ว่าผู้ทดสอบชิมจะไม่รับรู้ถึงความแตกต่างด้านความสามารถในการทาของเนยแข็งเทียมที่มีการเติมโปรตีน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งเทียมสูตรทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 80 เปอร์เซ็นต์ (9.06±2.59) พบว่ามีคะแนนต่ำเมื่อเทียบกับเนยแข็งเทียมสูตรทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 60 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (10.48±1.64 และ 10.54±2.22) ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองความสามารถในการทาของเนยแข็งเทียมชนิดทา (ตารางที่ 3.3)

สำหรับคะแนนกลิ่นแบ่งตัวของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าวในปริมาณต่างๆ พบว่าเนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าวในปริมาณที่มากขึ้น มีคะแนนกลิ่นแบ่งตัวสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าโปรตีนรำข้าวที่ผ่านความร้อนมีกลิ่นคล้ายข้าวสุก ผู้ทดสอบชิมจึงอาจรู้สึกถึงกลิ่นแบ่งตัวในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว



รูปที่ 3.1 สีของเนยแข็งเทียมชนิดทาเมื่อเติมโปรตีนรำข้าวในระดับเปอร์เซ็นต์ที่ต่างกัน



**รูปที่ 3.2** ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว

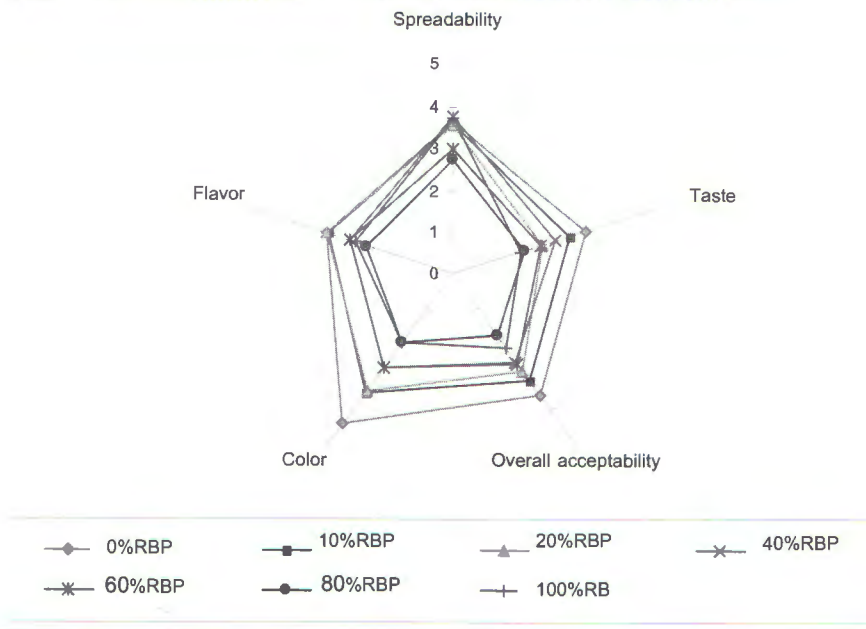
หมายเหตุ

RBP หมายถึงโปรตีนรำข้าว

<sup>abc...</sup> ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละจุดแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

<sup>NS</sup> แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.4.2 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งเทียมชนิดทา



หมายเหตุ

RBP หมายถึงโปรตีนรำข้าว

<sup>abc...</sup> ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละจุดแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

<sup>NS</sup> แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งเทียมชนิดทาที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว ในปริมาณต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.3 เห็นได้ว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบเนยแข็งเทียมทุกสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ด้านความสามารถในการทา ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเนยแข็งเทียมสูตรที่เติมโปรตีนรำข้าว 40 เปอร์เซ็นต์สูงสุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง  $3.75 \pm 0.79$  คะแนน แสดงว่าผู้ทดสอบชิมชอบเนยแข็งชนิดทาที่ไม่เหลวมาก เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ตารางที่ 3.3) พบว่าเนยแข็งเทียมที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 40 เปอร์เซ็นต์ ใช้แรงในการป้ายทาปานกลาง โดยมีค่าในช่วง  $102.81 \pm 19.18$  กรัมแรง ซึ่งใกล้เคียงกับเนยแข็งไขมันต่ำทางการค้า ผู้ทดสอบชิมจึงให้คะแนนความชอบด้านความสามารถในการทาในสูตรดังกล่าวสูงสุด

เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ไม่เติมโปรตีนรำข้าวมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ สี กลิ่นและการยอมรับโดยรวมสูงกว่าเนยแข็งเทียมในสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แสดงว่าปริมาณโปรตีนรำข้าวมีผลต่อคุณลักษณะดังกล่าวของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมเนื่องจากในโปรตีนรำข้าวมีสารประกอบฟีนอลิกที่เกาะอยู่กับโปรตีน ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ชุ่มและมีรสฝืน [22] ทำให้เนยแข็งเทียมที่เติมโปรตีนรำข้าวมีสีเข้มและมีรสฝืน ซึ่งส่งผลให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ สี และการยอมรับโดยรวมของเนยแข็งเทียมสูตรที่เติมโปรตีนรำข้าวมีค่าต่ำสอดคล้องกับงานวิจัยของ [17] ที่เมื่อเติมรำข้าวในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูได้ห้วน พบว่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสลดลงเมื่อปริมาณรำข้าวมากขึ้น และพบว่าเนยแข็งเทียมชนิดทาสูตรที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 80 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ สี และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยมีคะแนนอยู่ระหว่างไม่ชอบถึงไม่ชอบเล็กน้อย แสดงว่าการเติมโปรตีนรำข้าวในปริมาณสูง จะทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมชนิดทา

#### 4. สรุป

ผลของการทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าวต่อคุณสมบัติของเนยแข็งเทียมขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนรำข้าวที่ใช้ ปริมาณโปรตีนรำข้าวที่เพิ่มขึ้นทำให้พีเอชของผลิตภัณฑ์ลดลง เป็นการลดความแรงของประจุโปรตีน โปรตีนเกิดการ

คลายตัว แรงที่ใช้ในการทาจึงลดลง แต่ความชื้นของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน เมื่อปริมาณโปรตีนรำข้าวเพิ่มขึ้น สีของเนยแข็งเทียมชนิดทาเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลเข้ม แต่ที่ปริมาณโปรตีนรำข้าวตั้งแต่ 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ผลิตภัณฑ์มีสีไม่ต่างกัน เนยแข็งเทียมชนิดทาที่เติมโปรตีนรำข้าว 40 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทาใกล้เคียงกับเนยแข็งชนิดทาทางการค้าสูตรไขมันต่ำกว่าเนยสด 80 เปอร์เซ็นต์ การประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบเชิงพรรณนา ปริมาณโปรตีนรำข้าวไม่มีผลต่อประสาทสัมผัสทางด้านความเรียบเนียน รสเค็ม รสฝืน และความชุ่มน้ำมัน แต่มีผลทำให้ความสามารถในการทาและกลิ่นแฉงตัวของผลิตภัณฑ์เนยแข็งเทียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนยแข็งเทียมชนิดทาที่ไม่เติมโปรตีนรำข้าวมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ การยอมรับโดยรวม สี และกลิ่นสูงกว่าเนยแข็งเทียมสูตรอื่น แต่ในด้านความสามารถในการทาพบว่าเนยแข็งเทียมสูตรที่ทดแทนเรนเนตเคซีนด้วยโปรตีนรำข้าว 40 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนสูงสุด

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาที่อนุเคราะห์เอนไซม์เรนเนตในการตกตะกอนเคซีน

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547 *สรุปภาวะการผลิต การตลาด ราคาในประเทศ และราคาข้าวไทยส่งออก ประจำปี 2547*
- [2] Juliano, B. O. 1985 *Rice: Chemistry and technology*. 2nd Edition. St.Paul, Minesota.
- [3] นิธิยา รัตนานนท์. 2545 *เคมีอาหาร*. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.
- [4] Santos, B. L., Resurreccion, A. V. A. and Garcia, V. V. 1989 Quality characteristic and consumer acceptance of a peanut-based imitation cheese spread, *Journal of Food Science*, 54, 468-471.
- [5] นัยนา บุญทวีวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์. 2545 *น้ำมันรำข้าวทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย*. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.



- [6] ไมตรี สุทธิจิตต์. **2544** สารแอนติออกซิแดนท์ สาร  
จรรโลงสุขภาพ สมุนไพรเพื่อสุขภาพ, 8, 61-62.
- [7] U.S. Senale Select Committee an Nation and  
Human needs. 1997.
- [8] Gnanasambandam, R. And Hettiarachchy, N. S.  
**1995** *Protein concentrates from unstabilized and  
stabilized rice bran: preparation and properties*,  
*Journal of Food Science*, 60, 1066-1069.
- [9] AOAC. 2000 Official Analytical methods of analysis.  
Association of Official Analytical Chemists.
- [10] Bandzus, Wolfgang, Altieri, Paul, Kasica, James,  
J., Trazasko, Peter, T. **2002** Starch phosphate ester  
composition, process and method of use in food.  
*U.S.Patent*, 428,836.
- [11] Hamada, J. S. **1997** Characterization of protein  
fractions of rice bran to deride effective methods of  
protein solubilization. *Cereal Chemistry*, 74, 662-  
668.
- [12] Middleton and Jerry, L. **1983** Process of using  
rennet casein for producing imitation cheese. *U.S.  
Patent*, 4,882,623.
- [13] Mounsey, J. S. and O'Riordan, E. D. **2001**  
Characteristics of imitation cheese containing native  
starches. *Journal of Food Science*, 66, 586-591.
- [14] Budiman, M., Stroshine, R. L. and Campanella, H.  
**2002** Stress relaxation and low field proton  
magnetic resonance studies of cheese analogue.”  
*Journal of Texture Studies*, 31, 477-498.
- [15] Hennelly P. J., Dunne, P. G. O'Sullivan, M. M. and  
O'Riordan, E. D. **2005** Textural, rheological and  
microstructural properties of imitation cheese  
containing inulin.” *Journal of Food Engineering*,  
[www.http://www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [16] Lee, S. K. and Klostermeyer, H. **2001** The effect f  
pH on the rheological properties of reduced-fat  
model processed cheese spreads. *lebns-m-wiss u-  
technology*, 34, 288-292.
- [17] Huang, X., Kakuda, Y. And Cui, W. **2001**  
Hydrocolloid in emulsions: particle size distribution  
and interfacial activity. *Food Hydrocolloid*, 15, 533-  
542.
- [18] Shi, X. and BeMiller, J. N. **2002** Effects of food  
gum on viscosities of starch suspensions during  
pasting. *Carbohydrate Polymers*, 50, 7-18.
- [19] Tuinier, R., Grotenhuis, E. T. and Kruif, C. G. **2000**  
The effect of depolymerised guar gum on the  
stability of skim milk. *Food Hydrocolloid*, 14, 1-7.
- [20] Quintana, J. M., Califano, A. N., Zaritzky, N. E.,  
Partal, P. and Franc, J. M. **2001** Linear and  
nonlinear viscelastic behavior of oil-in-water  
emulsion stabilized with polysaccharides. *Journal of  
Texture Studies*, 3, 215-236.
- [21] พรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์กิจ ทาวิลละ. **2531** นมและ  
ผลิตภัณฑ์นม. โอเอสพรีนติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพมหานคร.
- [22] ศิริวัฒน์ มงคลกาญจนศิริ **2545** .....  
จากราชข่าว. วิทยานิตน์ปริษณูโก. ....  
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- [23] Lobatos-Calleros, C., Vernon-Carter, E. J. and  
Sandoval-Castilla, O. **2004** Microstructure and  
texture properties of reduced fat white fresh  
cheeses manufactured with fat replacers from  
protein and carbohydrate  
nature.[www.http://www.google.com](http://www.google.com)