การศึกษาสัดส่วนการผสมข้าวจ้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวชัยนาท 1 และสภาวะการหุงให้ได้ข้าวสุกที่มีคุณภาพเหมาะสมในการบริโภค

Optimized formulation and cooking conditions of Khaw Dawk Mali 105 and Chainat 1 mixed rice.

เกษม นันทชัย (Kasem Nantachai) [1], *สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร (Suchada Laohasilsomjit)* [2]
รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย (Ratchada Tangwongchai) [1], *วิเชียร วรพุทธพร (Wichien Voraputraporn)* [1]

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาหาสัดส่วนการผสมข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวชัยนาท 1 และสภาวะการหุงให้ได้ข้าวสุกที่มีคุณภาพเหมาะสมในการบริโภค โดยในขั้นตอนแรกทำการศึกษาเพื่อคัดเลือกปัจจัยในการหุงข้าว ซึ่งคาดว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุก จำนวน 5 ปัจจัย ประกอบด้วย ชนิดของข้าว (ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท1) อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับข้าว (1:1 และ 1:2) จำนวนครั้งที่ล้างข้าว (2 และ 5 ครั้ง) และระยะเวลาการแช่ข้าวก่อนนำไปหุง (1 และ 15 นาที) โดยใช้การจัดหน่วยทดลองแบบ 2^{5-1} Fractional factorial เมื่อทำการประเมินปัจจัยคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุกเป็นค่าความแข็ง ความเหนียว และค่าความขาว พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุกอย่างมีนัยสำคัญ คือ ชนิดของข้าวจ้าว และอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับข้าว ในขั้นตอนที่สองทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบต่อข้าวจ้าวหุงสุก (OVL) กับอัตราส่วนการผสมระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 (A) ข้าวชัยนาท 1(B) และน้ำ (C) ในข้าวผสมหุงสุก ตามแผนการทดลองแบบ Mixture Design โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน ผลการศึกษา พบว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ OVL = -2.17A-9.83 B+12.36C จากแบบจำลองดังกล่าวทำนายได้ว่าการผสมข้าวชัยนาท 1 ให้ได้ปริมาณมากที่สุดในข้าวผสมโดยที่ข้าวผสมหุงสุกยังคงมีค่าคะแนนความชอบสูงอยู่ คือ การผสมข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวชัยนาท 1 และน้ำ ให้มีอัตราส่วนเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเป็น 16.5:16.5:67 ตามลำดับ ข้าวจ้าวสุกจากส่วนผสมนี้มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมเป็น 6.52 และเมื่อให้กลุ่มผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนอย่างดีแล้วจำนวน 8 คน ทำการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างข้าวจ้าวหุงสุกจำนวน 11 ลักษณะ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบกับลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวจ้าวหุงสุก พบว่า ความนุ่มและความเหนียวเป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวจ้าวหุงสุกที่มีอิทธิพลต่อค่าคะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

Abstract

The trial studies aimed to develop an optimum blending of 2 rice cultivars namely Khaw Dawk Mali 105 and Chainat 1 were carried out. The first study was designed to screen important factors affecting the quality of cooked rice. The factors understudied were rice cultivar, mixing ratio of rice and water, the number of rice washing and the duration of rice soaking before cooking. The 2^{5-1} Fractional factorial experiments were used in the study. Textural and physical properties of cooked rice samples on hardness, cohesiveness and whiteness were evaluated. Results show that rice cultivar and mixing ratio of rice and water were significant factors affecting the quality of cooked rice. The second study was designed to study relationship between overall liking score and the percentage ratio of Khaw Dawk Mali 105 (A), Chainat 1 (B) and water (C) in cooked rice formulation. Fourteen formulations generated by Mixture design were used in the study. Cooked rice samples were tested by a group of 40 general consumers for their overall liking scores. Results showed that the relationship could be represented by a mathematical model OVL = -2.17A-9.83B+12.36C. From this model, it could be estimated that the ratio of Khaw Dawk Mali 105 and Chainat 1 in mixed rice formulation could be 1:1 and the optimum percentage ratio of mixed rice and water for cooking is 33:67. Cooked rice samples from this formulation were well liked by the testers with average overall liking score of 6.52. Cooked rice samples were also evaluated on 11 sensory characteristics by a trained taste panel of 8 people. Results show that overall liking score was highly correlated in descending order to tenderness and cohesiveness scores.

คำสำคัญ: ข้าวผสม ลักษณะทางประสาทสัมผัส แบบจำลองความชอบ
Keywords: Mixed rice; Sensory characteristics; Model for overall liking

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[2] มหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีการเพาะปลูกทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย เป็นอาหารหลักของคนไทย และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศ (งามชื่น, 2538) ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวชนิดหนึ่งที่รู้จักกันดีทั้งในประเทศไทยและในแถบเอเชียใต้และบางประเทศในตะวันออกกลาง ข้าวหอมมะลิมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก เช่น ในประเทศอินเดียและปากีสถานเรียกว่า ข้าวบาสมาติ (สุขสันต์, 2529) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวหอมมะลิที่สำคัญของประเทศไทย เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศเป็นอย่างสูง เนื่องจากเมื่อนำมาหุงต้มเป็นข้าวสุก จะได้ข้าวสุกที่มีกลิ่นหอม เมล็ดข้าวสุกนุ่ม เลื่อมมัน และเกาะตัวติดกันมาก ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะที่แตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่น ๆ อย่างชัดเจน (งามชื่น และคณะ, 2542) อย่างไรก็ตาม ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่จำหน่ายในประเทศไทยยังมีราคาค่อนข้างสูง และเมล็ดข้าวสุกยังมีลักษณะนุ่มเหนียวมาก ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มมีความชอบต่ำและไม่เลือกซื้อมาบริโภค

ดังนั้นเพื่อให้มีการขยายกลุ่มผู้บริโภคของข้าวหอมมะลิ 105 ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น จึงมีแนวคิดในการปรับเปลี่ยนสมบัติเฉพาะตัวบางประการของข้าวหอมมะลิหุงสุก ให้สอดคล้องกับความชอบของกลุ่มผู้บริโภคที่หลากหลายออกไป การปรับเปลี่ยนสมบัติเหล่านั้นอาจจะทำได้โดยการผสมข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวบางพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ทำให้ข้าวผสมหุงสุกมีสมบัติใกล้เคียงกับข้าวหอมมะลิหุงสุก แต่อาจจะได้ข้าวสุกที่มีความร่วนและแข็งขึ้น (งามชื่น และคณะ, 2542) สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคบางกลุ่ม และอาจทำให้ได้ข้าวราคาถูกลง เหมาะสำหรับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่ม เป็นแนวทางหนึ่งในการขยายตลาดสำหรับข้าวหอมมะลิผสม

ข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวที่มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว ขาวและใส มีลักษณะคล้ายคลึงกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะร่วน เมล็ดเกาะติดกันน้อย และมีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าข้าวหอมมะลิ (ละม้ายมาศ, 2530) เมื่อนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาท 1 มาผสมกัน พบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม สัดส่วนของการผสม และสภาวะการหุงมีผลกระทบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภค ข้าวผสมมีความร่วนและแข็งมากขึ้น (งามชื่น, 2542) อย่างไรก็ตามไม่มีการศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory characteristics) โดยละเอียดของข้าวจ้าวผสมหุงสุก หากสามารถบ่งชี้ลักษณะเหล่านั้นได้ และได้ประเมินความสัมพันธ์กับการยอมรับของผู้บริโภคแล้ว อาจนำผลจากการศึกษามาใช้กำหนดสัดส่วนการผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้าวสุกที่สอดคล้องกับความชอบของผู้บริโภค อาจช่วยให้มีการขยายตลาดของข้าวหอมมะลิผสมให้กว้างขวางยิ่งขึ้นเนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารที่สอดคล้องกับความคาดหมายของผู้บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผสมข้าวชัยนาท 1 ข้าวหอมมะลิ 105 และน้ำ โดยให้มีสัดส่วนของข้าวชัยนาทสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ให้ได้ข้าวผสมหุงสุกที่ยังคงได้รับการยอมรับจากกลุ่มตัวแทนผู้บริโภคเป็นอย่างดี และเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวผสมหุงสุก รวมทั้งประเมินความสัมพันธ์ของการยอมรับผลิตภัณฑ์กับลักษณะต่าง ๆของข้าวผสมหุงสุก

วิธีการศึกษา

1. วัตถุดิบ

เมล็ดข้าวที่ใช้ในการศึกษาวิจัยได้มาจากการกะเทาะเปลือกและขัดสีข้าวเปลือกที่มีความชื้นร้อยละ 12 โดยใช้เครื่องจักรของโรงสีข้าวขนาดกลาง ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้มาจากสถานีทดลองข้าวขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ส่วนข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 ได้มาจากสถานีทดลองข้าวชัยนาท จังหวัดชัยนาท

2. กลุ่มผู้ประเมิน

2.1 กลุ่มผู้ประเมินลักษณะประสาทสัมผัสของตัวอย่าง

ประกอบด้วยสมาชิกจำนวน 8 คน ทั้งหมดเป็นผู้ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วว่าสามารถแยกแยะความ

แตกต่างทางลักษณะประสาทสัมผัสของข้าวจ้าวหุงสุกได้อย่างชัดเจนตามวิธีการทดสอบแยกความแตกต่างแบบ Triangle Test (Meilgaard et al, 1991; Stone and Sidel, 1993) ทุกคนผ่านการฝึกประเมินความเข้มของลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่างข้าวสุกเป็นเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง

2.2 ผู้ทดสอบชิมเพื่อประเมินความชอบตัวอย่างข้าวจ้าวสุก

ประกอบด้วยผู้สมัครใจเข้าร่วมการทดสอบชิมจำนวน 40 คน ทุกคนบริโภคข้าวจ้าวหุงสุกเป็นประจำทุกวัน และเป็นคนละกลุ่มกับผู้ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

3. การสร้างแบบประเมินมาตรฐาน

3.1 แบบประเมินลักษณะประสาทสัมผัสของข้าวจ้าวสุก

แบบประเมินประกอบด้วยรายการทั้งหมดของกลุ่มคำที่ใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวจ้าวสุกเรียงตามลำดับก่อนหลังจำนวน 11 ลักษณะ และมาตรวัดแบบเส้น (Graphical line scale) สำหรับใช้วัดระดับความเข้มของลักษณะเหล่านั้น มาตรวัดแต่ละเส้นมีความยาว 110 มิลลิเมตร ที่ระยะ 5 มิลลิเมตร จากปลายทั้งสองข้างมีเส้นตรงตัดขวางอยู่ ทางด้านซ้ายมือมีคำระบุระดับความเข้มต่ำ ที่ด้านขวามือมีคำระบุความเข้มที่สูง ตัวอย่างแบบประเมินที่ใช้แสดงอยู่ในตารางที่ 1

3.2 แบบประเมินการยอมรับตัวอย่างข้าวจ้าวสุก

แบบประเมินประกอบด้วยรายการความชอบต่อตัวอย่างทางด้านกลิ่นรสชาติ ความนุ่มเหนียว และทางด้านลักษณะโดยรวม และมาตรวัดระดับความแบบเส้น (Hedonic line scale) ตัวอย่างแบบประเมินความชอบที่ใช้แสดงอยู่ในตารางที่ 2

4. การเตรียมตัวอย่างข้าวจ้าวหุงสุก

4.1 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพข้าวจ้าวหุงสุก

ใช้แผนการกำหนดจำนวนหน่วยทดลองแบบ 2^{4-1} Fractional factorial experiment (Hu, 1999) ในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยในการหุงข้าวจำนวน 4 ปัจจัย ประกอบด้วย ชนิดของข้าว (ข้าวชัยนาท 1 และข้าวหอมมะลิ 105) อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำต่อข้าว (1:1 และ 2.5:1) จำนวนครั้งในการล้างข้าวก่อนนำไปหุงต้ม (1 และ 3 ครั้ง) ระยะเวลาที่ทำการแช่ข้าวก่อนนำไปหุงต้ม (1/2 และ 2 นาที) จากแผนการดังกล่าวได้ทำการทดลองหุงข้าวทั้งหมดจำนวน 11 สูตร (ตารางที่ 3) การแปรเปลี่ยนระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษาของข้าวหุงสุกจำนวน 8 สูตร เป็นไปตามเงื่อนไขของแผนการทดลอง ข้าวหุงสุกอีก 3 สูตรเป็นการทำซ้ำของสูตรการทดลองที่ใช้ข้าวชัยนาท 1 ใช้อัตราส่วนของน้ำต่อข้าว 1:1 ใช้ระยะเวลาในการแช่ข้าว 1/2 นาที และทำการล้างข้าวจำนวน 1 ครั้ง หุงตัวอย่างข้าวทุกสูตรโดยใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้ามาตรฐานขนาดความจุ 1.5 ลิตร ใช้เวลาประมาณ 30 นาทีที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส

4.2 การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมข้าวและน้ำ

ใช้แผนการกำหนดจำนวนหน่วยทดลองแบบ Mixture design (Hu, 1999) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชอบของผู้ทดสอบชิมกับสัดส่วนการผสมข้าวและน้ำ ให้สัดส่วนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในส่วนผสมแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วงร้อยละ 0-50 สัดส่วนของข้าวชัยนาท 1 แปรเปลี่ยนอยู่ในช่วงร้อยละ 0-50 สัดส่วนของน้ำแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วงร้อยละ 50-67 จากแผนการทดลองดังกล่าวได้ทำการหุงข้าวผสมทั้งหมดจำนวน 14 สูตร (ตารางที่ 4)

5. การประเมินทางประสาทสัมผัส

5.1 การประเมินลักษณะประสาทสัมผัสของข้าวสุก

เตรียมตัวอย่างข้าวสุกประมาณ 100 กรัม ใส่ไว้ในถ้วยพลาสติกสีขาวใสที่มีขนาดเท่ากันทุกตัวอย่าง มีรหัสเป็นตัวเลขสุ่มจำนวน 3 หลัก อุณหภูมิของตัวอย่างขณะที่ทำการประเมินประมาณ 50 องศาเซลเซียส การประเมินตัวอย่างทั้งหมดใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ภายในแถว (Randomized complete block design) ให้ผู้ประเมินทุกคนประเมินทุกตัวอย่าง ๆ ละ 3 ซ้ำ ทุกคนประเมินตัวอย่างเรียงตามลำดับที่ได้สุ่มไว้

ก่อนล่วงหน้า (Stone and Sidel, 1993) โดยระบุระดับความเข้มของลักษณะต่าง ๆ ลงแบบประเมินมาตรฐานโดยขีดเส้นตัดขวางบนเส้นมาตรวัด ณ ตำแหน่งที่ตรงกับความรู้สึกมากที่สุด ความยาวเป็นมิลลิเมตรจากขั้วด้านซ้ายมือของเส้นมาตรวัดถึงตำแหน่งที่มีเส้นตัดขวางคือระดับความเข้มของลักษณะที่ถูกประเมิน การประเมินของแต่ละคนเป็นอิสระต่อกัน และกระทำภายใต้สภาวะที่ควบคุม ปราศจากสิ่งรบกวน ที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส ก่อนการทดสอบตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง ให้ผู้ทดสอบทำการชะล้างตัวอย่างเดิมที่ตกค้างอยู่โดยการจิบน้ำสะอาดที่จัดไว้ให้

5.2 การประเมินความชอบต่อตัวอย่างข้าวสุก

เตรียมตัวอย่างข้าวสุกเหมือนกับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส ให้ผู้ทดสอบชิมชิมผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่าง เรียงตามลำดับที่ได้สุ่มไว้เป็นการเฉพาะของแต่ละคน (Stone and Sidel, 1993) และให้ระบุระดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างที่ได้ชิมลงในแบบสอบถามโดยขีดเส้นตัดขวางบนเส้นมาตรวัดระดับความชอบ (Hedonic line scale) ณ ตำแหน่งที่ตรงกับความรู้สึกมากที่สุด ความยาวเป็นมิลลิเมตรจากขั้วด้านซ้ายมือของเส้นมาตรวัดถึงตำแหน่งที่มีเส้นตัดขวางคือค่าคะแนนแสดงระดับความชอบ

6. การประเมินสมบัติทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของข้าวจ้าวสุก

6.1 ค่าความขาว

ประเมินค่าความขาว (Whiteness) ของตัวอย่างข้าวสุก โดยการประเมินลักษณะสีของตัวอย่างตามระบบของ CIE Value โดยใช้เครื่อง Chromameter ของ Minolta รุ่น CT 300โดยวัดค่าความสว่าง (L* or lightness) ค่าความแดง (a* or redness) และค่าความเหลือง (b* or yellowness) และคำนวณค่าความขาว (Whiteness: WN) ดังนี้ $WN = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2})]^{1/2}$ (ASTM, 1987)

6.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวจ้าวหุงสุกเป็นค่าความแข็ง (Hardness:HN) และความเหนียว (Cohesiveness:CO) ตามวิธีการของ Textural Profile Analysis (Bourne, 1982) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ของ SMS: Stable Micro Systems รุ่น TA-XT2 และใช้อุปกรณ์ประกอบการวัดเป็นแบบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์ 35 มิลลิเมตร (Cylinder probe: P35)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพข้าวจ้าวหุงสุก

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อประเมินอิทธิพลของ ชนิดของข้าว อัตราส่วนของน้ำต่อข้าว จำนวนครั้งที่ใช้ล้างข้าว และระยะเวลาที่แช่ข้าวก่อนนำไปหุง ที่มีต่อคุณภาพของข้าวหุงสุกในด้านความแข็ง ความเหนียว และความขาว (Montgomery, 1991) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows 7.5

7.2 การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมข้าวและน้ำ

ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบกับสัดส่วนการผสมข้าวและน้ำ ด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสมการถดถอยพหุเชิงซ้อน (Polynomial regression) โดยให้ค่าคะแนนความชอบ (Y) เป็นตัวแปรตาม (Dependent variables) และให้ตัวแปรอิสระประกอบด้วยสัดส่วนของข้าวหอมมะลิ (M) สัดส่วนของข้าวชัยนาท (C) และสัดส่วนของน้ำ (W) ที่ใช้ผสมปนกันในการเตรียมข้าวจ้าวหุงสุกโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Modde 5.0 (Umetrics, 1999) สมมติฐานของแบบจำลองนี้คือ ความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจเป็นไปได้ทั้งเชิงเส้น (Linear effect) และความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (Quadratic effect) ตามแบบจำลองของ Scheffe ดังนี้ $Y = B1M + B2C + B3W + B4MC + B5 MW + B6CW$ เมื่อ Bi คือ ค่าสัมประสิทธิ์ (Regression coefficients) (Hu, 1999)

7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชอบของผู้ทดสอบชิมกับลักษณะทางประสาทสัมผัส

รวมข้อมูลความเข้มโดยเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้ง 11 ลักษณะ ของตัวอย่างข้าวสุกทั้งหมด 14 ตัวอย่าง และข้อมูลค่าคะแนนความชอบโดยเฉลี่ย

ของข้าวสุกทุกตัวอย่าง ได้ชุดข้อมูลที่ประกอบด้วย 14 แถวและ 12 สดมภ์ จัดกลุ่มตัวแปรทั้ง 12 สดมภ์ให้เป็นมิติ (Dimensions) หรือองค์ประกอบหลัก (Principal components: PCs) ที่สำคัญจำนวนหนึ่ง ด้วยวิธีการสกัดปัจจัยแบบองค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) และหมุนแกนของปัจจัยด้วยวิธี Varimax Rotation (Piggot, 1986; Schutz, 1988) เลือกเฉพาะองค์ประกอบหลักที่มีค่า Eigen value ตั้งแต่ 1 ขึ้นไปเท่านั้นมาอธิบายผลการทดลอง (Schutz, 1988)

จาก PCs ที่สกัดได้ คำนวณค่าคะแนนมาตรฐาน (Factor Scores) ของตัวอย่างข้าวสุกทุกตัวอย่างในแต่ละองค์ประกอบหลัก เนื่องจากแต่ละPC ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน PCs คู่ใดคู่หนึ่งเปรียบเสมือนมิติ 2 มิติที่มีทิศทางตั้งฉากกัน ค่า Factor Scores ของตัวอย่างข้าวสุกตัวหนึ่งบน PCs คู่หนึ่งคือค่า co-ordinate ของตัวอย่างนั้นบนพื้นที่ซึ่งถูกกำหนดโดย PCs คู่นั้น ๆ ใช้ข้อมูลนี้กำหนดตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของตัวอย่างข้าวสุกทุกตัวอย่างบน PCs แต่ละคู่ได้

3. ผลการศึกษา

3.1 ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุก

ตารางที่ 5 แสดงผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบ 2^{4-1} Fractional factorial ของค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และค่าความขาว เพื่อประเมินอิทธิพลของชนิดของข้าว (A) อัตราส่วนการผสมน้ำกับข้าว (B) จำนวนครั้งในการล้างข้าว (C) และระยะเวลาในการแช่ข้าวก่อนนำไปหุง (D) และอิทธิพลร่วมของปัจจัยคู่ ได้แก่ A*B, A*C, และ A*D

ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าชนิดของข้าว (A) แสดงอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อค่าความแข็ง ($p \leq 0.01$) ค่าความเหนียว ($p \leq 0.05$) และค่าความขาว (p (0.05) ของข้าวจ้าวหุงสุก โดยข้าวชัยนาท 1 มีค่าความแข็ง และค่าความขาวสูงกว่า แต่มีค่าความเหนียวต่ำกว่าข้าวหอมมะลิ 105 อัตราส่วนการผสมน้ำกับข้าว (B) แสดงอิทธิพล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าความเหนียว ($p \leq 0.05$) และ ค่าความขาว ($p \leq 0.05$) คือเมื่อใช้น้ำในอัตราส่วนที่มากขึ้น ค่าความเหนียวของตัวอย่างข้าวจ้าหุงสุกลดลง แต่ มีค่าความขาวเพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนครั้งในการล้างข้าว (C) ระยะเวลาในการแช่ข้าวก่อนนำไปหุง (D) และปัจจัยร่วม A*B, A*C, และ A*D ไม่แสดงอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุก

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าชนิดของข้าวที่ใช้ (A) และอัตราส่วนการผสมน้ำกับข้าว (B) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุกชัดเจนมากที่สุด กล่าวคือชนิดของข้าวแสดงอิทธิพลต่อปัจจัยคุณภาพทุกด้าน ในขณะเดียวกันอัตราส่วนการผสมน้ำกับข้าว (B) แสดงอิทธิพลต่อปัจจัยคุณภาพ 2 ด้าน ดังนั้นในการศึกษาขั้นตอนต่อไป ได้ตัดสินใจเลือกใช้เฉพาะ สัดส่วนการผสมข้าว และอัตราส่วนการใช้น้ำกับข้าวผสม เป็นปัจจัยสำคัญในการหุงข้าวผสม ส่วนสภาวะอื่น ๆ ถูกควบคุมให้เหมือนกันทุกประการ

3.2 สัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมข้าวหอมมะลิ ข้าวชัยนาท และน้ำ

ตารางที่ 6 แสดงว่า ค่าความแข็งของข้าวสุก (HN) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับสัดส่วนของข้าวหอมมะลิ 105 (JM) สัดส่วนของข้าวชัยนาท 1 (CN) และสัดส่วนของน้ำ (WT) แบบ Special cubic ตามแบบจำลอง HN = -1685.66JM + 505.94CN - 1064.07WT - 38467.02JM*CN + 7132.99JM*WT + 5130.68CN*WT + 59762.25JM*CN*WT โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณค่าจากแบบจำลอง (Coefficient of determination: R^2) ประมาณร้อยละ 94 ค่าความเหนียว (CO) มีความสัมพันธ์แบบ Quadratic กับตัวแปรอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตามแบบจำลอง CO = -1489.20JM - 1157.33CN - 525.03WT - 195.04JM*CN + 4202.45JM*WT + 3441.20CN*WT โดยมีค่า R^2 ประมาณร้อยละ 86 และค่าความขาวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear relationship) กับตัวแปรอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตามแบบจำลอง WN = 58.99JM + 63.41CN + 76.21WT โดยมีค่า R^2 ประมาณร้อยละ 63

ค่าคะแนนความชอบ (LK) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear relationship) กับตัวแปรอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตามแบบจำลอง LK = 12.36WT - 2.17JM - 9.83CN โดยมีค่า R^2 ประมาณร้อยละ 86 ค่าคะแนนความชอบมีความสัมพันธ์เชิงบวก (+) กับสัดส่วนของน้ำ และมีความสัมพันธ์เชิงลบ (-) กับสัดส่วนของข้าวหอมมะลิ และสัดส่วนของข้าวชัยนาท จะเห็นได้ว่าโดยภาพรวมค่าคะแนนความชอบของตัวอย่างเพิ่มขึ้นเมื่อ สัดส่วนของข้าวหอมมะลิ และข้าวชัยนาทในส่วนผสมลดลง แต่สัดส่วนของน้ำที่ใช้ต้องเพิ่มขึ้น จากแบบจำลองนี้ ประเมินได้ว่าค่าคะแนนความชอบจะมีค่าสูงที่สุดเป็น 7.56 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน เมื่อเตรียมข้าวจ้าวหุงสุกจากการผสมข้าวหอมมะลิ 105 ในอัตราส่วนร้อยละ 33 ข้าวชัยนาท 1 ร้อยละ 0 และน้ำร้อยละ 67 ตามลำดับ

เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้คือให้มีการใช้ข้าวชัยนาท 1 ผสมกับข้าวหอมมะลิ 105 ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยข้าวผสมหุงสุกยังคงได้รับการยอมรับดี จากการใช้แบบจำลองข้างต้นทำการประมาณค่า พบว่าเมื่อใช้สัดส่วนของข้าวหอมมะลิปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 16 สัดส่วนของข้าวชัยนาทปริมาณไม่เกินร้อยละ 17 และน้ำในสัดส่วนปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 64 ข้าวจ้าวหุงสุกจะมีค่าคะแนนความชอบมากกว่า 5.5 คะแนน ถึงแม้ว่าค่าคะแนนความชอบระดับนี้จะไม่ใช่คะแนนที่สูงที่สุด แต่ถือว่าเป็นค่าคะแนนที่บ่งบอกว่าผู้ทดสอบชิมยังค่อนข้างชอบผลิตภัณฑ์ เพื่อทำการทดสอบผลการประเมินค่าดังกล่าวจากแบบจำลอง ได้ทำการเตรียมข้าวจ้าวหุงสุกจำนวน 5 สูตร โดยให้มีสัดส่วนการผสมข้าวและน้ำอยู่ในช่วงดังกล่าว และประเมินการยอมรับของผู้ทดสอบชิม พบว่าเมื่อผสมข้าวชัยนาท 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 16.5 กับข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 16.5 และน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 67 ทำให้ใช้ข้าวชัยนาทในข้าวผสมได้มากที่สุด โดยข้าวจ้าวหุงสุกมีค่าคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยเป็น 6.52 และมีค่าความขาวเฉลี่ย 71.07 ± 0.49 ค่าความแข็งเฉลี่ย 503.72 ± 65.40 กรัม-แรง และค่าความเหนียวเฉลี่ย 56.63 ± 6.35

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชอบกับลักษณะทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 7 แสดงว่าสามารถจัดกลุ่มลักษณะทางประสาทสัมผัสและค่าคะแนนความชอบได้เป็น 3 องค์ประกอบหลัก (Principal components) ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนในชุดข้อมูลทั้งหมดรวมกันได้ประมาณร้อยละ 85.6

องค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1) เป็นการจัดกลุ่มข้อมูลของลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นของข้าวสุกและความชอบของผู้ทดสอบชิม ข้อมูลกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์อย่างดีกับ PC1 (Correlation coefficient: R > 0.50) ซึ่งประกอบด้วยระดับความนุ่ม (R = 0.94) ความร่วน (R = -0.93) ความชอบ (R = 0.92) ความเหนียว (R = 0.90) ความแรงของกลิ่นข้าวสุก (R = 0.90) และความละเอียดของเนื้อข้าวสุก (R = 0.88) เรียกองค์ประกอบนี้ว่า "ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบ และกลิ่น" จะเห็นได้ว่าเมื่อความนุ่ม ความเหนียว ความแรงของกลิ่นข้าวสุก และความละเอียดของเนื้อข้าวสุกเพิ่มมากขึ้น ผู้ทดสอบชิมจะชอบตัวอย่างมากขึ้น แต่เมื่อตัวอย่างข้าวสุกมีความร่วนมากขึ้น ผู้ทดสอบชิมจะชอบตัวอย่างน้อยลง PC1 อธิบายความแปรปรวนในชุดข้อมูลทั้งหมดได้เป็นสัดส่วนที่สูงที่สุด คือประมาณร้อยละ 45.1 ในภาพรวมตัวอย่างข้าวจ้าวสุกทั้ง 14 สูตร มีความแตกต่างกันในลักษณะที่เป็นสมาชิกขององค์ประกอบหลักที่ 1 มากที่สุด

องค์ประกอบหลักที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เหลือในชุดข้อมูลทั้งหมดได้อีกประมาณร้อยละ 28.1 และเป็นองค์ประกอบที่มีสมาชิกประกอบด้วย ความอวบพองของข้าวสุก (R = 0.97) ความขาวของข้าวสุก (R = 0.88) และความขรุขระของผิวข้าวสุก (R = 0.83) อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า "ลักษณะปรากฏของข้าวสุก" พบว่าเมื่อตัวอย่างข้าวสุกมีความอวบพองสูง ความขาวของข้าวสุก และความขรุขระของผิวข้าวสุกจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ตัวอย่างข้าวสุกทั้งหมดมีความแตกต่างกันใน

ลักษณะที่ประกอบกันเป็นองค์ประกอบหลักที่ 2 น้อยกว่าความแตกต่างกันในลักษณะที่ประกอบกันเป็นองค์ประกอบหลักที่หนึ่ง

องค์ประกอบหลักที่ 3 (PC3) เป็นลักษณะร่วมของความยาวของเมล็ดข้าวสุก (R = -0.94) และความแรงของกลิ่นคล้ายไข่ต้ม (R = 0.60) อาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า "ความยาวของเมล็ดข้าวสุกและกลิ่นไข่ต้ม" องค์ประกอบนี้อธิบายความแปรปรวนที่เหลือในชุดข้อมูลทั้งหมดได้อีกประมาณร้อยละ 12.4 และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบนี้จะเห็นว่า เมื่อเมล็ดข้าวสุกถูกประเมินว่าความยาวมาก ตัวอย่างข้าวสุกจะถูกประเมินว่ามีกลิ่นคล้ายไข่ต้มค่อนข้างอ่อน แต่เมื่อความยาวของเมล็ดลดลงกลิ่นดังกล่าวจะแรงขึ้น

รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของตัวอย่างข้าวสุกทุกสูตร บน PC1 และ PC2 เมื่อพิจารณาด้าน "ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชอบ และกลิ่น" จะเห็นว่าโดยภาพรวมตัวอย่างข้าวสุกสูตรที่ 4, 1, 13, 11, 7 และ 8 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ถูกประเมินว่ามีความนุ่ม ความเหนียว ความแรงของกลิ่นข้าวสุก และความละเอียดของเนื้อมากกว่าข้าวสุกสูตรอื่น ๆที่เหลือ แต่มีความร่วนของเมล็ดของน้อยกว่า นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมยังชอบข้าวสุกสูตรเหล่านี้มากกว่าข้าวสุกสูตรอื่น ๆ ที่เหลือ ตัวอย่างข้าวสุกจากสูตรที่ 4 เป็นข้าวสุกที่ผู้ทดสอบชิมชอบมากที่สุด และมีความนุ่ม ความเหนียว ความแรงของกลิ่นข้าวสุก และความละเอียดของเนื้อสูงที่สุด แต่มีความร่วนของเมล็ดข้าวสุกน้อยที่สุด ข้าวสุกสูตรที่ 4 มีการใช้เฉพาะข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 33 ผสมกับน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 67 สูตรที่ 13 และสูตรที่ 11 เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบชิมชอบใกล้เคียงกับสูตรที่ 4 มีการใช้ทั้งข้าวหอมมะลิและข้าวชัยนาท โดยในสูตรที่ 13 มีการใช้ข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 27 ข้าวชัยนาทในอัตราส่วนร้อยละ 10 และน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 63 ในสูตรที่ 11 มีการใช้ข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 16.5 ข้าวชัยนาทในอัตราส่วนร้อยละ 16.5 และน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 67 ในทางตรงกันข้ามเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างทั้งหมดจะเห็นว่าผู้ทดสอบชิมชอบข้าวสุกจากสูตรที่ 5 น้อยที่สุด ข้าวสุกจากสูตรที่ 5 มีความนุ่ม ความเหนียว ความแรงของกลิ่นข้าวสุก และความละเอียดของเนื้อต่ำที่สุด แต่มีความร่วนของเมล็ดข้าวสุกมากที่สุด และ เป็นสูตรที่มีการใช้เฉพาะข้าวชัยนาทในอัตราส่วนร้อยละ 50 ผสมกับน้ำร้อยละ 50

จากรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาตามแกนของ PC2 ทางด้าน "ลักษณะปรากฏของข้าวสุก" จะเห็นว่าตัวอย่างสูตรที่ 10, 9, 11, 14 และ 13 มีเมล็ดข้าวสุกที่มีความอวบ ความขาว และความขรุขระของผิวมากกว่า ตัวอย่างข้าวสุกสูตรอื่น ๆ สูตรที่ 10 ซึ่งมีการใช้เฉพาะข้าวชัยนาทในอัตราส่วนร้อยละ 33 ผสมกับน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 67 ให้ตัวอย่างข้าวสุกที่มีลักษณะเหล่านี้มากที่สุดในทางตรงกันข้ามสูตรที่ 7 ซึ่งมีการใช้เฉพาะข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 50 ผสมกับน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 50 ทำให้ได้ตัวอย่างข้าวสุกที่มีลักษณะเหล่านี้ต่ำที่สุด

รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของตัวอย่างข้าวสุกทุกสูตรบน PC1 และ PC3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามแกนของ PC3 ทางด้าน "ความยาวของเมล็ดข้าวสุกและกลิ่นไข่ต้ม" ตัวอย่างข้าวสุกส่วนใหญ่มีความยาวของเมล็ดและความแรงของกลิ่นไข่ต้มใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างกันน้อย อย่างไรก็ตามสูตรที่ 4 ที่มีการใช้เฉพาะข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 33 ผสมกับน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 67 ให้เมล็ดข้าวสุกที่มีความยาว และความแรงของกลิ่นคล้ายไข่ต้มมากที่สุด ในทางตรงกันข้าม สูตรที่ 11 ที่มีการใช้ข้าวหอมมะลิในอัตราส่วนร้อยละ 16.5 ข้าวชัยนาทในอัตราส่วนร้อยละ 16.5 ผสมกับน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 63 ทำให้ได้ตัวอย่างข้าวสุกที่มีความยาวของเมล็ดข้าว และความแรงของกลิ่นคล้ายไข่ต้มน้อยที่สุด

สรุปผลการศึกษา

ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ ชนิดของข้าวที่ใช้ และอัตราส่วนของการผสมระหว่างข้าวและน้ำ เมื่อทำการแปรเปลี่ยนส่วนผสมระว่างข้าวหอมมะลิ 105 กับข้าวชัยนาท 1 และนำไปผสมกับน้ำในอัตราส่วนในช่วง 1:1 และ 1:3 พบว่าผู้ทดสอบชิมชอบตัวอย่างข้าวผสมหุงสุกจากสูตรต่าง ๆ แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และความชอบของผู้ทดสอบชิมมีความสัมพันธ์อย่างดีกับลักษณะของข้าวสุกทางด้านความนุ่ม ความเหนียว ความแรงของกลิ่นข้าสุก และความเนียนละเอียดของเนื้อ กล่าวคือเมื่อตัวอย่างข้าวสุกมีความเข้มของลักษณะดังกล่าวมาก ผู้ทดสอบชิมชอบตัวอย่างนั้นมากด้วย ข้าวผสมที่สามารถใช้ข้าวชัยนาท 1 ผสมกับข้าวหอมมะลิ 105 ได้มากที่สุดโดยทำให้ได้ข้าจ้าวหุงสุกที่มีลักษณะทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับและชอบดีอยู่ โดยให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์มากกว่า 6 คะแนน คือการให้มีข้าวชัยนาทในข้าวผสมปริมาณไม่เกินร้อยละ 50 และในการเตรียมข้าวจ้าวหุงสุกควรใช้ข้าวผสมในอัตราส่วนร้อยละ 27 ผสมกับน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 63

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณ "โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาสาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว" ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. 2538. **การปรับปรุงคุณภาพข้าวสารเพื่อการบริโภคและการส่งออก.** การฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์คุณภาพข้าวทางเคมี; 1-2 และ15-16 มิถุนายน 2538; ปทุมธานี. ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. หน้า 1-23.

งามชื่น คงเสรี. 2542. เทคนิคการทดสอบคุณภาพข้าว. กสิกร; 72(5):467-472.

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน, พูลศรี สว่างจิต. 2542. คุณภาพข้าวสุกจากการผสมข้าว กข 23 และ ชัยนาท 1 ในขาวดอกมะลิ 105. วารสารวิชาการเกษตร; 17(3):231-238.

สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์. 2529. ตลาดข้าวบาสมาติ. กสิกร; 59(4):411-412.

ละม้ายมาศ ยังสุข. 2530. **คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน.** เอกสารประกอบการบรรยายเทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี. กรมวิชาการเกษตร; กรุงเทพฯ.

ASTM. 1987. Indexes of whiteness and yellowness of near-white, opaque materials, and identification of instrumental methods of color or color-difference measurement of material. In:**Standards on Color and Appearance Measurement**. Philadelphia : American Society of Testing Materials.

Bourne, M.C. 1982. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. New York: Academic Press.

Hu, R. 1999. **Food Product Design: A Computer-aided Statistical Approach**. Basel; Technomic Publishing Co., Inc.

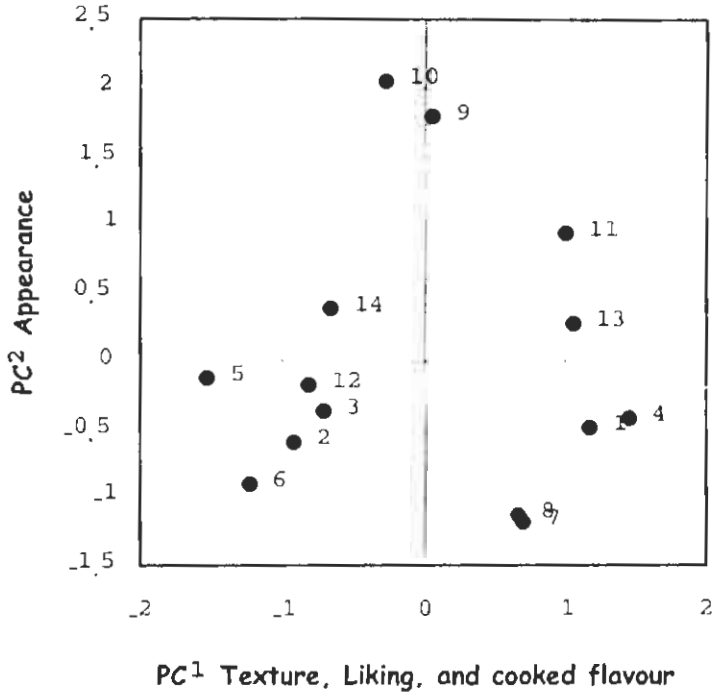
Mailgaard, D., Civille, G. V. and Carr, B.T. 1991. **Sensory Evaluation Techniques**. The United State of America: CRC Press, Inc.

Montgomery, D. C. 1991. **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley & Sons.

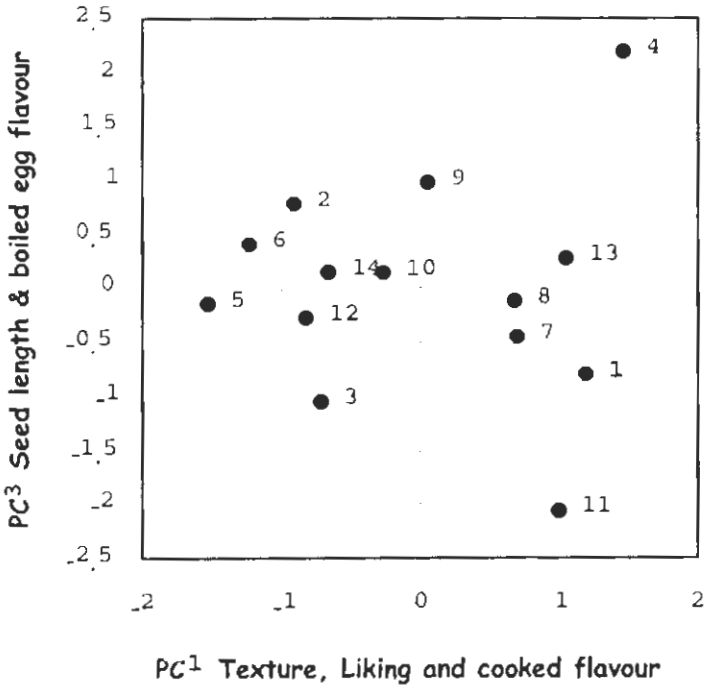
Piggott, J. R. 1986. Methods to aid interpretation of multidimensional data. In: **Statistical Procedures in Food Research**. pp. 181-232. Piggott, J. R., ed. London: Elsevier Applied Science.

Schutz, H. G. 1988. Multivariate analyses and the measurement of consumer attitudes and perceptions. **Food Technology**. 42(11): 141-4, 156.

Stone, H. and Sidel, J. 1993. **Sensory Evaluation Practice**. London: Academic Press, Inc.



รูปที่ 1 ตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของข้าวจ้าวหุงสุกจำนวน 14 สูตร บนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งเชิงเปรียบเทียบของข้าวจ้าวหุงสุกจำนวน 14 สูตร บนองค์ประกอบหลักที่ 2 และ 3

ตารางที่ 1 ตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้สำหรับการประเมินลักษณะประสาทสัมผัสของข้าวจ้าวสุก

โปรดดู ชิม และระบุความคิดเห็นของท่านต่อตัวอย่างข้าวสุก ตามลักษณะต่าง ๆ ต่อไปนี้ โดยลากเส้นแนวตั้งตัดขวางลงบนเส้นมาตรวัด ณ ตำแหน่งที่ท่านคิดว่าตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ความอวบของเมล็ดข้าว	น้อย	มาก
ความยาวของเมล็ดข้าว	น้อย	มาก
ความขรุขระของเมล็ดข้าว	น้อย	มาก
ความร่วนของเมล็ดข้าว	น้อย	มาก
ความแรงของกลิ่นข้าวสุก	น้อย	มาก
ความแรงของกลิ่นไข่ต้ม	น้อย	มาก
กลิ่นหืนของตัวอย่าง	น้อย	มาก
ความหวาน	น้อย	มาก
ความนุ่มของเมล็ดข้าว	น้อย	มาก
ความเหนียวของเมล็ดข้าว	น้อย	มาก
ความเนียนละเอียดเมื่อเคี้ยว	น้อย	มาก

ตารางที่ 2 ตัวอย่างแบบประเมินระดับความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อตัวอย่างข้าวจ้าวสุก

กรุณาทดสอบชิมและระบุระดับความชอบที่ท่านมีต่อตัวอย่างในด้านต่าง ๆ ที่ระบุอยู่ข้างล่างนี้ โดยลากเส้นแนวตั้งตัดขวางลงบนเส้นมาตรวัด ณ ตำแหน่งที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ความชอบต่อกลิ่น
ไม่ชอบ ชอบมาก

ความชอบต่อรสชาติ
ไม่ชอบ ชอบมาก

ความชอบต่อความนุ่ม
ไม่ชอบ ชอบมาก

ความชอบต่อความเหนียว
ไม่ชอบ ชอบมาก

ความชอบโดยรวม
ไม่ชอบ ชอบมาก

ตารางที่ 3 การจัดหน่วยทดลองแบบ 2^{4-1} Fractional factorial เพื่อการประเมินอิทธิพลของชนิดข้าว อัตราส่วนการใช้น้ำและข้าว จำนวนครั้งที่ล้างข้าว และระยะเวลาในการแช่ข้าว

การทดลอง	ปัจจัยที่ทำการศึกษา			
	ชนิดของข้าว (A)	น้ำ : ข้าว (B)	จำนวนการล้างข้าว (ครั้ง) (C)	เวลาแช่ข้าว (นาที) (D)
1	ชัยนาท1	1:1	1	0.5
2	หอมมะลิ 105	1:1	1	2
3	ชัยนาท1	2.5:1	1	2
4	หอมมะลิ 105	2.5:1	1	0.5
5	ชัยนาท1	1:1	3	2
6	หอมมะลิ 105	1:1	3	0.5
7	ชัยนาท1	2.5:1	3	0.5
8	หอมมะลิ 105	2.5:1	3	2
9*	ชัยนาท1	1:1	1	0.5
10*	ชัยนาท1	1.1	1	0.5
11*	ชัยนาท1	1.1	1	0.5

* เป็นการทดลองซ้ำเพื่อใช้ในการประเมินหาค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 สูตรเตรียมตัวอย่างข้าวสุกแบบ Mixture Design เพื่อการประเมินลักษณะคุณภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และความชอบของผู้ทดสอบชิม

สูตรการผลิต	สัดส่วนการผสมเป็นร้อยละ		
	ข้าวหอมมะลิ 105 (JM)	ข้าวชัยนาท 1 (CN)	น้ำ (WT)
1	0.00	0.33	0.67
2	0.25	0.25	0.50
3	0.41	0.00	0.58
4	0.00	0.50	0.50
5	0.50	0.00	0.50
6	0.33	0.00	0.67
7	0.16	0.16	0.67
8	0.10	0.35	0.54
9	0.27	0.10	0.63
10	0.00	0.41	0.58
11	0.00	0.50	0.50
12	0.50	0.00	0.50
13	0.00	0.33	0.67
14	0.25	0.25	0.50

ตารางที่ 5 อิทธิพลของปัจจัยที่ทำการศึกษาที่มีต่อคุณภาพของตัวอย่างข้าวจ้าวหุงสุกและระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ปัจจัย	ขนาดของอิทธิพล		
	Hardness	Cohesiveness	Whiteness
ชนิดของข้าว (A)	-3.39**	0.35*	-0.09*
อัตราส่วนของน้ำและข้าว (B)	-0.98	-0.40*	0.98*
จำนวนครั้งในการล้างข้าว (C)	0.03	0.10	-0.34
ระยะเวลาในการแช่ข้าว (D)	-0.44	-0.001	-0.56
A×B	0.47	-0.00	0.006
A×C	0.75	-0.004	0.56
A×D	-0.31	-0.10	-0.08

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 ($p \geq 0.01$)

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์ ในแบบจำลองอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับค่าคะแนนความชอบและลักษณะคุณภาพของข้าวจ้าวหุงสุก และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลอง a

ตัวแปรอิสระ	ความชอบ (LK)		ความแข็ง (HN)		ความเหนียว (CO)		ความขาว (WN)	
	B	*p*	B	*p*	B	*p*	B	*p*
สัดส่วนของข้าวหอมมะลิ 105 (JM)	-2.71	<0.05	-1685.66	<0.05	-1489.20	<0.05	58.99	<0.05
สัดส่วนของข้าวชัยนาท 1 (CN)	-9.83	<0.01	505.94	<0.05	-1157.23	<0.05	63.41	<0.05
สัดส่วนของน้ำ (WT)	12.36	<0.01	-1064.07	<0.05	-525.03	<0.05	76.21	<0.05
JM×CN	-	-	-38467.02	<0.01	-195.04	0.26	-	-
JM×wT	-	-	7132.99	0.40	4202.45	<0.05	-	-
CN×WT	-	-	5130.68	0.55	3441.20	<0.05	-	-
JM×CN×WT	-	-	59762.25	<0.05	-	-	-	-
Scheffe's regression model	R^2 = 0.86	<0.01	R^2 = 0.95	<0.05	R^2 = 0.86	<0.05	R^2 = 0.63	<0.05

[a] B คือสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระในแบบจำลอง (Scheffe's regression model)

ตารางที่ 7 องค์ประกอบหลัก (Principal components) ของลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างข้าวจ้าวหุงสุก และความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อตัวอย่างข้าวจ้าวหุงสุก และความสัมพันธ์ของลักษณะทางประสาทสัมผัสและความชอบกับองค์ประกอบหลัก

ลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Attribute)	องค์ประกอบหลัก (Principal component)		
	1*	2*	3*
ความนุ่มของเมล็ดข้าว	0.94	-	-
ความร่วนของเมล็ดข้าว	-0.93	-	-
ความชอบของผู้ทดสอบชิม	0.92	-	-
ความเหนียวของเมล็ดข้าว	0.90	-	-
ความแรงของกลิ่นข้าวสุก	0.89	-	-
ความเนียนละเอียดของเนื้อข้าวสุก	0.88	-	-
ความอวบพองของเมล็ดข้าว	-	0.97	-
ความขาว	-	0.89	-
ความขรุขระของผิวเมล็ดข้าว	-	0.83	-
ความหวาน	-	-	-
ความเรียวยาวของเมล็ดข้าว	-	-	-0.94
ความแรงของกลิ่นไข่ต้ม	-	-	0.60
สัดส่วนเป็นร้อยละของความแปรปรวนทั้งหมด (Proportion of Variance)	45.08	28.13	12.44
ความแปรปรวนสะสมเป็นร้อยละ (Cumulative Percentage of Variance)	45.08	73.195	85.63

* ค่าที่แสดงในตารางคือค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (Correlation coefficients)