

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองในการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส
เพื่อการปล่อยผ่านสินค้าไส้กรอกแฟรงค์เฟอเทอร์
Comparison the Model Performance to Predict the Sensory Score for Releasing
of Frankfurter Sausage

นัทธมน โกฎจนาทธรรม¹
รววิพิมพ์ ฉวีสุข²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบแบบจำลองการถดถอยแบบพหุ แบบจำลองการถดถอยแบบโพลิโนเมียล แบบจำลองเครื่องข่ายประสาทเทียม 2 ประเภท คือ เครื่องข่ายประสาทเทียมแบบส่งถ่ายข้อมูลย้อนกลับ และแบบเรเดียลเบสิกฟังก์ชัน ในการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอเทอร์ทั้งหมด 4 ด้านคือ ด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติ ด้วยสเกล 1-5 ของผู้ทดสอบชิม จากข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของไส้กรอกที่วัดได้จากเครื่องมือทดสอบจำนวน 11 ตัวแปร เพื่อนำคะแนนที่ทำนายได้ไปใช้ในการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์แทนการใช้ผู้ทดสอบชิม ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองที่มีความถูกต้องในการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน มีความสามารถในการจำลองความสัมพันธ์ตามจริง มีความสามารถใช้งานทั่วไปและความถูกต้องในการปล่อยผ่านเหมาะสมที่สุด คือแบบจำลองเครื่องข่ายประสาทเทียมแบบส่งถ่ายข้อมูลย้อนกลับ ที่มีโครงสร้าง 11-9-4 อัตราการเรียนรู้ที่ 0.1 โมเมนตัมที่ 0.5 และมีรอบการเรียนรู้ 50,000 รอบ โดยมีร้อยละของความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์เท่ากับ 86 ในข้อมูลชุดเรียนรู้และเท่ากับ 81 ในข้อมูลชุดทดสอบ คุณลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบสูงต่อการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่า Hardness ค่า L* และค่า Work of Cutting

คำสำคัญ : การทดสอบทางประสาทสัมผัส การปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกแฟรงค์เฟอเทอร์ แบบจำลองการถดถอย แบบจำลองเครื่องข่ายประสาทเทียม

Abstract

This research compared the performance of multiple regression model, polynomial regressions model, backpropagation neural network (BPN) model and radial basis function network (RBFN) model to predict the sensory evaluation score in color, texture, odor, and flavor of frankfurter sausage from eleven physical characteristics measured mechanically. The prediction score were then used for releasing frankfurter sausage of the manufacturer in order to reduce a dependency on the company's panelist. The result indicated that the 11-9-4 BPN model with learning rate of 0.1; momentum of 0.5 and training for 50,000 iterations exhibited appropriate the prediction accuracy and the generalization capability which provided correct classification rate in the training data set of 86% and the validation data set of 81%. The product release highly depended on the following physical characteristics was hardness, L* and work of cutting.

Keyword: Sensory evaluation, Product release, Frankfurter sausage, Regression model, Artificial

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ E-mail: orn1111@hotmail.com

² ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ E-mail: ravipim.c@ku.ac.th

neural network model

บทนำ

ไส้กรอก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมสูง โดยมีมูลค่าตลาดรวมในไทยปี พ.ศ. 2556 ประมาณ 40,000 ล้านบาท มีอัตราการเติบโตประมาณ 10% ต่อปี (ASTV ผู้จัดการออนไลน์, 2556) ส่งผลให้เกิดการแข่งขันเพื่อครองส่วนแบ่งทางการตลาด โดยใช้กลยุทธ์ต่างๆ เช่น การโฆษณา การขยายฐานลูกค้าใหม่ รวมถึงการพัฒนารสชาติ คุณภาพและความปลอดภัยของสินค้า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการเลือกซื้อของผู้บริโภค ดังนั้นการทดสอบด้านประสาทสัมผัส คือ สีสัน รสชาติ และเนื้อสัมผัส จึงถูกนำมาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพ ความสม่ำเสมอในการผลิต และการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์

การทดสอบด้านประสาทสัมผัสนั้น ดำเนินการโดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกจนเกิดความชำนาญในการทดสอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการผลิตระดับอุตสาหกรรมจะต้องตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสไส้กรอกทุกประเภท ทุกรุ่นการผลิต หากผู้ผลิตมีผู้ทดสอบชิมไม่เพียงพอ มีการปรับเปลี่ยนผู้ทำหน้าที่ทดสอบชิม ยังมีปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่เกี่ยวกับความสามารถในการทดสอบชิมเปลี่ยนแปลงไป เช่น สุขภาพ เป็นต้น อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ได้

การศึกษาความสัมพันธ์ของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่วัดด้วยเครื่องมือทดสอบในห้องปฏิบัติการกับคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม ด้วยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือปล่อยผ่านสินค้าแทน การทดสอบชิมด้วยผู้ทดสอบ เพื่อช่วยลดการพึ่งพาแต่เพียงผู้ทดสอบชิม ซึ่งอาจมีภาระมาก และได้รับผลกระทบจากปัจจัยอื่นๆ จึงอาจส่งผลต่อความล่าช้าหรือความผิดพลาดในการปล่อยสินค้าได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการถดถอยแบบพหุ แบบจำลองการถดถอยแบบโพลิโนเมียล แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมแบบส่งถ่ายข้อมูลย้อนกลับ (Backpropagation neural network: BPN) และแบบเรเดียลเบสิกฟังก์ชัน (Radial basis function network: RBFN) ในการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่องมือทดสอบ
2. เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองต่างๆ ในการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ไส้กรอก แพรงค์เฟอเทอร์
3. เพื่อใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นในการบ่งชี้ถึงคุณลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์

เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

Chaveesuk and Saravane (2006) ศึกษาการทำนายระดับความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อเบียร์ จากคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของเบียร์ในรูปของกลุ่มปัจจัย 10 กลุ่ม และในรูปตัวแปรอิสระ 35 ตัวแปร โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้แบบจำลองโพลิโนเมียลรูปแบบต่างๆ แบบจำลอง BPN และแบบจำลอง RBFN โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองต่างๆ ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน ผลการวิจัยพบว่าการลดจำนวนตัวแปรอิสระโดยการวิเคราะห์ปัจจัยให้เหลือ 10 กลุ่มสามารถปรับปรุงความสามารถในการทำนายความชอบของผู้บริโภคในแบบจำลองการถดถอยได้ แต่ไม่มีส่วนช่วยในแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม และแบบจำลอง BPN สามารถทำนายความชอบของผู้บริโภคเบียร์ได้ถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงและมีความแม่นยำสม่ำเสมอว่าแบบจำลองอื่น

Chaveesuk and Seepung (2007) ศึกษาและเปรียบเทียบแบบจำลองในการประมาณต้นทุนบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูกจากตัวแปรปัจจัยการออกแบบต่างๆ จำนวน 11 ตัวแปร ด้วยแบบจำลองแบบถดถอย และแบบจำลอง BPN และแบบจำลอง Cascade correlation learning network (CCLN) ของโรงงานอุตสาหกรรมกล่องกระดาษลูกฟูกกรณีศึกษา ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองทั้งสามประเภทสามารถจำลองความสัมพันธ์ได้ได้ดี โดยแบบจำลอง BPN สามารถประมาณต้นทุนบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูกได้ดีที่สุด โดยมีความคลาดเคลื่อนในรูปของค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ ร้อยละ 12 แต่แบบจำลอง BPN ยังมีความลำเอียงอยู่เล็กน้อย การนำไปใช้จึงควรระมัดระวัง

Zhang et al. (2008) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารเคมีระเหย 8 ชนิด ที่วิเคราะห์ได้จากระบบตรวจวัดกลิ่นด้วยอาร์เรย์เซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ กับดัชนีชี้วัดคุณภาพของลูกพีช 3 ด้าน โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช่แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear regression; MLR) แบบจำลอง Quadratic polynomial step regression (QPST) และแบบจำลอง BPN เพื่อนำไปพัฒนาวิธีการตรวจสอบและประเมินคุณภาพในลูกพีชแทนวิธีเดิมที่ใช้ ซึ่งต้องมีการทำลายตัวอย่างในการวิเคราะห์ทุกครั้ง และสามารถทดแทนการใช้ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสุก ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลอง QPST มีประสิทธิภาพดีที่สุด ทำนายคุณภาพของลูกพีชทั้ง 3 ด้านได้ถูกต้องมากที่สุด ส่วนแบบจำลอง BPN มีประสิทธิภาพรองลงมา

Lertworasirikul and Tipsuwan (2008) ศึกษาการทำนายปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity) ของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตโดยใช้ลมร้อน เนื่องจากค่าดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสูญเสียความกรอบ ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยสร้างแบบจำลอง Multilayer Feedforward Neural Network จากอุณหภูมิในการทำแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ พบว่าแบบจำลองที่ประกอบด้วย หน่วยซ่อนจำนวน 9 หน่วย ใช้ Sigmoid transfer function ให้ค่าความคลาดเคลื่อน Mean squared error ต่ำที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การจัดเตรียมข้อมูล

1.1 นำข้อมูลของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแพรงค์เฟอเทอร์ของบริษัทกรณีศึกษา จำนวน 209 ค่า มาจัดในอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนำเข้าและตัวแปรผลลัพธ์ โดยตัวแปรนำเข้าได้แก่ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่องมือทดสอบจำนวน 11 ตัวแปร ในขณะที่ตัวแปรผลลัพธ์ได้แก่ ข้อมูลผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบด้านต่างๆ 4 ด้านจำนวน 4 ตัวแปร (ตารางที่ 1) ด้วยสเกล 5 ระดับ โดย 1 หมายถึง ตัวอย่างทดสอบแตกต่างจากมาตรฐานมากที่สุด และ 5 หมายถึง ตัวอย่างทดสอบเหมือนมาตรฐานมากที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปจะปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์เมื่อคะแนนทดสอบทุกด้านได้ 3 ขึ้นไป

ตารางที่ 1 ตัวแปรคุณลักษณะทางกายภาพของไส้กรอก

ตัวแปร	คำอธิบาย
ตัวแปรนำเข้า	
X_1	ค่า L^*
X_2	ค่า a^*
X_3	ค่า b^*
X_4	ค่า Toughness (N)
X_5	ค่า Work of Cutting (N.mm)
X_6	ค่า Adhesiveness [TPA] (N.mm)

ตัวแปร	คำอธิบาย
X ₇	ค่า Chewiness (N)
X ₈	ค่า Springiness
X ₉	ค่า Gumminess (N)
X ₁₀	ค่า Hardness (N)
X ₁₁	ค่า Cohesiveness [TPA]
ตัวแปรผลลัพธ์	
Y _A	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส
Y _B	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี
Y _C	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น
Y _D	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ

1.2 แบ่งข้อมูล 209 ค่า ด้วยวิธี Stratified random sampling ออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดเรียนรู้และข้อมูลชุดทดสอบ ใช้สำหรับเลือกโครงสร้างและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลอง และข้อมูลชุดทดสอบ ใช้สำหรับทดสอบความสามารถในการทำงานทั่วไปของแบบจำลอง โดยมี ชุดเรียนรู้ จำนวน 145 ค่า ชุดทดสอบ จำนวน 32 ค่า และชุดทดสอบ จำนวน 32 ค่า

2. การสร้างแบบจำลองและทดสอบแบบจำลอง

2.1 แบบจำลองการถดถอย

สร้างแบบจำลองการถดถอยแบบพหุทุกตัวแปรนำเข้า แบบขั้นบันได และแบบจำลองโพลิโนเมียลแบบขั้นบันได โดยใช้โปรแกรม PASW version 18 จากข้อมูลชุดเรียนรู้ โดยแบบจำลองหนึ่งแบบสำหรับทำนายคะแนนการทดสอบ 1 ด้าน และคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดจากความถูกต้องในการทำนายผลลัพธ์ของข้อมูลชุดทดสอบ ในรูปค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน (Mean absolute error; MAE) ซึ่งคำนวณดังสมการที่ 1 จากนั้นตรวจสอบข้อสมมติทางสถิติ ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่ และการปราศจากสหสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรนำเข้า (Kutner et al., 2008)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (1)$$

โดยที่ y_i คือ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านใดๆจากการผู้ทดสอบชิมตัวอย่างที่ i

\hat{y}_i คือ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆที่ทำนายได้จากตัวอย่างที่ i

n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ

2.2 แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม

สร้างแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม 2 ประเภท ได้แก่แบบจำลอง BPN และแบบจำลอง RBFN จากข้อมูลชุดเรียนรู้ด้วยโปรแกรม Neuralworks Explorer โดยมีจำนวนหน่วยนำเข้า 11 นิวรอน แสดงคุณลักษณะทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่องมือทดสอบจำนวน 11 ตัวแปร และหน่วยผลลัพธ์ จำนวน 4 นิวรอน แสดงคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน โดยเลือกใช้ชั้นซ่อน 1 ชั้น กฎการเรียนรู้แบบ Extended Delta Bar Delta ฟังก์ชันกระตุ้น Hyperbolic Tangent ศึกษาหาโครงสร้างและพารามิเตอร์ในการเรียนรู้ที่เหมาะสมโดยแปรค่า จำนวนหน่วยซ่อน อัตราการเรียนรู้ โมเมนตัม น้ำหนักสุ่มเริ่มต้น และกำหนดรอบการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเรียนรู้มากเกินไป (Overtraining) โดยให้หยุดการเรียนรู้เพื่อทดสอบกับข้อมูลชุดทดสอบเป็นช่วง ๆ เลือกรอบการเรียนรู้ที่

เหมาะสมจากสถานะค่า MAE ในการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ชุดทดสอบต่ำที่สุด ก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ (Neural Ware, 1996) และเลือกโครงสร้างและพารามิเตอร์การเรียนรู้ที่เหมาะสมจากค่า ความคลาดเคลื่อนในรูป MAE ของชุดทดสอบที่ต่ำที่สุด

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานทั่วไปของแบบจำลอง

ตรวจสอบความถูกต้องในการทำนายค่าและความสามารถในการใช้งานทั่วไปของแบบจำลอง โดยนำ แบบจำลองการถดถอยและแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมที่คัดเลือกได้ มาใช้ทำนายคะแนนการทดสอบทาง ประสาทสัมผัส 4 ด้าน ของข้อมูลชุดเรียนรู้ และชุดทดสอบ แบบจำลองที่ดีจะต้องมีค่า MAE เฉลี่ยต่ำทั้งข้อมูลชุด เรียนรู้ และชุดทดสอบ

4. การทดสอบความถูกต้องในการปล่อยผ่านตัวอย่าง

นำคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากการทำนายของแบบจำลองในข้อ 3 มาสรุปผลการปล่อยผ่าน ตัวอย่างจากข้อมูลชุดเรียนรู้ และชุดทดสอบ ตามเกณฑ์การปล่อยผ่านดังนี้ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้านต้องมีค่า 3 คะแนนขึ้นไปจึงปล่อยผ่านตัวอย่างได้ เปรียบเทียบผลสรุปการปล่อยผ่านตัวอย่างจากคะแนนที่ แบบจำลองทำนายได้กับผลสรุปการปล่อยผ่านตัวอย่างด้วยผู้ทดสอบชิม และวิเคราะห์ผลในรูปร้อยละของความถูกต้อง ในการจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ (% Correct Classification) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$\% \text{ Correct Classification} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ A คือ จำนวนชุดตัวอย่างที่แบบจำลองให้ผลการปล่อยผ่านเหมือนการทดสอบด้วยผู้ทดสอบชิม

B คือ จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด

แบบจำลองที่ดีควรมีค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ที่สูงที่สุดทั้งข้อมูลชุดเรียนรู้ ชุด ทดสอบ และทุกชุดข้อมูล

5. การบ่งชี้คุณลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการ ปล่อยผ่าน

นำแบบจำลองการถดถอย แบบจำลอง BPN และแบบจำลอง RBFN ที่มีความถูกต้องในการทำนายค่าคะแนน การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆและมีความสามารถในการใช้งานทั่วไปสูง มาใช้ในการบ่งชี้คุณลักษณะทาง กายภาพของผลิตภัณฑ์ใส่กรอกแพรงค์เฟอเทอร์ที่มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยแบบจำลอง ถดถอย พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานที่มีค่าสูง ในขณะที่แบบจำลอง BPN และ RBFN ให้ทดลอง แปรค่าตัวแปรนำเข้าไป 10% และดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ถ้ามีการ เปลี่ยนแปลงมาก แสดงว่ามีผลกระทบสูง

สรุปผลการวิจัย

1. โครงสร้างแบบจำลองและความสามารถในการทำนาย

1.1 แบบจำลองการถดถอย ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการถดถอยแบบพหุ ทุกตัวแปร แบบพหุ ชั้นบันได และแบบโพลิโนเมียล ชั้นบันไดในด้านความถูกต้องในการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสและ ความสามารถในการใช้งานทั่วไปด้วยค่า MAE เฉลี่ย พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 2)

ทว่าเมื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองการถดถอยแบบต่างๆ พบว่า ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ทำนายคะแนนการทดสอบด้านรสชาติของแบบจำลองการถดถอยทั้ง 3 ประเภท มีการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ปกติ ทำให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือต่ำ

อย่างไรก็ตามได้นำแบบจำลองการถดถอยพหุ ชั้นบันได ซึ่งไม่ซับซ้อนและมีตัวแปรจำนวนไม่มากไปทดสอบความถูกต้องในการปล่อยผ่านตัวอย่างในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 แบบจำลองสมการถดถอยในการทำนายคะแนนทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน

แบบจำลองสมการถดถอย	ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAE)	
	ชุดเรียนรู้	ชุดทดสอบ
แบบจำลองการถดถอยแบบพหุ ทุกตัวแปร	0.68	0.69
แบบจำลองการถดถอยแบบพหุ ชั้นบันได	0.65	0.59
แบบจำลองการถดถอยแบบโพลีโนเมียล ชั้นบันได	0.61	0.58

1.2 แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม ผลการคัดเลือกโครงสร้างของแบบจำลอง BPN และ RBFN ที่ดีที่สุด โดยมี อัตราการเรียนรู้ที่ 0.1 และโมเมนต์ที่ 0.5 เป็นดังตารางที่ 3 คือแบบจำลอง BPN ที่มีหน่วยซ่อน 9 หน่วย และแบบจำลอง RBFN ที่มีหน่วยซ่อน 7 หน่วย ซึ่งใช้รอบการเรียนรู้ที่ต่ำกว่า BPN จึงนำแบบจำลองทั้งคู่ไปทดสอบความถูกต้องในการปล่อยผ่านตัวอย่างต่อไป

ตารางที่ 3 โครงสร้างและพารามิเตอร์การเรียนรู้ที่เหมาะสมของแบบจำลอง BPN และ RBFN ในการทำนายคะแนนทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน

แบบจำลอง	รอบการเรียนรู้(รอบ)	ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAE)	
		ชุดเรียนรู้	ชุดทดสอบ
11-9-4 BPN*	50,000	0.44	0.64
11-7-4 RBFN*	45,000	0.64	0.59

* แสดงจำนวนนิวรอนในชั้นนำเข้า – ชั้นซ่อน – ชั้นผลลัพธ์

2. การทดสอบความถูกต้องในการปล่อยผ่านตัวอย่าง

ผลการทดสอบความถูกต้องในของการปล่อยผ่านตัวอย่างจากค่าร้อยละของความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์เป็นดังตารางที่ 4 พบว่าแบบจำลอง BPN ให้ค่าร้อยละของความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ในชุดเรียนรู้สูงสุด ในขณะที่แบบจำลอง RBFN นั้นให้ค่าร้อยละของความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ในชุดทดสอบสูงสุด และเมื่อพิจารณาความถูกต้องในจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านของข้อมูลทั้งหมด พบว่าแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุแบบจำลอง BPN และแบบจำลอง RBFN สามารถจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านข้อมูลทั้งหมดได้ถูกต้องใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4 ร้อยละของความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ของแบบจำลองต่างๆ

แบบจำลองการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน	ร้อยละความถูกต้องการจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่าน		
	ชุดเรียนรู้	ชุดทดสอบ	ข้อมูลทั้งหมด
	แบบจำลองถดถอยพหุ แบบชั้นบันได	83.5	87.5
11-9-4* BPN	86.2	81.23	83.7
11-7-4* RBFN	82.1	90.6	84.2

* แสดงจำนวนนิวรอนในชั้นนำเข้า – ชั้นซ่อน – ชั้นผลลัพธ์

3. การบ่งชี้คุณลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบสูง

ผลจากการใช้แบบจำลองการถดถอยแบบพหุ แบบจำลอง BPN และ แบบจำลอง RBFN ในการบ่งชี้คุณลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบสูงต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม เป็นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณลักษณะทางกายภาพของไส้กรอกที่มีผลกระทบต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ

ผล กระทบ	ด้านเนื้อสัมผัส			ด้านสี			ด้านกลิ่น			ด้านรสชาติ		
	ถดถอย	BPN	RBFN	ถดถอย	BPN	RBFN	ถดถอย	BPN	RBFN	ถดถอย	BPN	RBFN
สูงสุด(1)	X1	X10	X2	X1	X1	X3	X10	X10	X10	X5	X5	X4
(2)	X3	X8	X3	X4	X7	X2	X6	X11	X11	X1	X10	X2
(3)		X9	X6		X2	X1	X11	X1	X1	X2	X2	X5

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการทำนายคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 4 ด้านของผู้ทดสอบชิมพบว่า แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันในด้านความถูกต้องในการทำนายค่า ความสามารถในการใช้งานทั่วไปและไม่ขัดกับข้อสมมติใดๆ ได้แก่ แบบจำลอง BPN และแบบจำลอง RBFN โดยในด้านเนื้อสัมผัส แบบจำลอง BPN บ่งชี้ว่าตัวแปรที่มีผลกระทบสูง 3 อันดับแรกคือค่า Hardness (X10) ค่า Springiness (X8) และค่า Gumminess (X9) ซึ่งเป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสทุกตัวแปร โดยเฉพาะ ค่า Hardness เป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดในการประเมินคุณลักษณะเนื้อสัมผัสในไส้กรอก (Klettner, 1993 : 296-298) สำหรับแบบจำลอง RBFN บ่งชี้ว่าปัจจัยที่มีผลกระทบสูง คือ ปัจจัยที่ให้ค่าที่เกี่ยวข้องในด้านสี เนื่องจาก ในขั้นตอนการรมควันเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดลักษณะทางเนื้อสัมผัสและสีพร้อมๆกัน ในด้านสี แบบจำลอง BPN และแบบจำลอง RBFN บ่งชี้ เหมือนกันว่า ค่า L^* (X1) และค่า a^* (X2) มีผลกระทบสูง โดยค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่าง และค่า a^* หมายถึงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยถือว่าเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีของไส้กรอกที่มีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ในขั้นตอนการรมควันเพื่อทำให้ไส้กรอกสุก ซึ่งนอกจากจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัส (texture) และสี (color) ของไส้กรอกแล้ว ยังก่อให้เกิดกลิ่น (odor) และรสชาติ (flavor)เฉพาะตัวของไส้กรอกแฟรงค์เฟอเทอร์อีกด้วย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าแบบจำลองทั้งคู่อ้างอิงว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบสูงต่อคะแนนการทดสอบด้านกลิ่นคือ ค่า Hardness (X10) ค่า Cohesiveness (X11) และค่า L^* (X1) เนื่องจากกลิ่นของควันสามารถแทรกซึมเข้าไปในชิ้นเนื้อไส้กรอกในช่วงที่น้ำในเนื้อไส้กรอกจะระเหยออกจากชิ้น ทำให้ชิ้นไส้กรอกแห้ง แข็งตัว ทั้งนี้หากว่าไส้กรอกรมควันนานเกินไปจะส่งผลต่อสีที่เข้มขึ้น และกลิ่นที่แรงขึ้น และในด้านรสชาติ แบบจำลองทั้งสองระบุว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบสูงต่อคะแนนการทดสอบด้านรสชาติ คือค่า Work of Cutting (X5) และค่า a^* (X2) เนื่องจากงานที่ใช้ในการกัดไส้กรอกที่เหมาะสม และสีที่คงตัว จะทำให้รับรสชาติของไส้กรอกได้ดีและถูกต้องขึ้น

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมแบบส่งถ่ายข้อมูลย้อนกลับ (BPN) และแบบเรเดียลเบสิกฟังก์ชัน (RBFN) มีความสามารถในการจำแนกกลุ่มการปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอเทอร์ได้ถูกต้องใกล้เคียงกันคือ 84% ผลการใช้แบบจำลองบ่งชี้คุณลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบสูง ต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 4 ด้านของผลิตภัณฑ์ พบว่าแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมแบบส่งถ่ายข้อมูลย้อนกลับที่มีโครงสร้าง 11-9-4 อัตราการเรียนรู้ที่ 0.1 โมเมนตัม 0.5 และ รอบการเรียนรู้ 50,000 เป็นตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนำเข้าและตัวแปรผลลัพธ์ ได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งตัวแปรนำเข้าที่มีผลกระทบสูงต่อการปล่อยผ่านไส้กรอก แฟรงค์เฟอเทอร์ ได้แก่ ค่า Hardness ค่า L^* และค่า Work of Cutting

เอกสารอ้างอิง

- ASTVผู้จัดการออนไลน์. (2556). “ซีพีเอฟ” ทุ่มงบ 220 ล้านบาท กินรวบตลาดไส้กรอก. ASTVผู้จัดการออนไลน์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://manager.co.th/iBizChannel/ViewNews.aspx?NewsID=9560000025053> (21 พฤศจิกายน 2556)
- Chaveesuk, R., & Saravane, A. (2006). Artificial Neural Networks for Prediction of Beer's Preference. **Proceedings of the FOODSIM'2006**, EUROSIS, Naples, Italy, June 16, 2006.
- Chaveesuk, R., & Seepung, B. (2007). A neural network approach for corrugated box cost estimation, **Proceedings of the 5th International Packaging Congress and Exhibition**, Izmir, Turkey, November 22-24, 2007.
- Klettner, P. G. (1993). Frankfurter-type sausage influence of heat treatment on firmness and color. **Fleischwirtschaft**, 73(3), 296-298.
- Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., & Neter, J. (2008). **Applied Linear Statistical Models**. (4th ed). Singapore: McGraw-HILL Co. Inc.
- Lertworasirikul, S., & Tipsuwan, Y. (2008). Moisture content and water activity prediction of semi-finished cassava crackers from drying process with artificial neural network. **Journal of Food Engineering**, 84 (1), 65-74.
- NeuralWare. (1996). **Neural Computing: A Technology Handbook for Professional II/PLUS and NeuralWorks Explorer**. USA: NeuralWare.
- Zhang, H., Chang, M., Wang, J., & Ye, S. (2008). Evaluation of peach quality indices using an electronic nose by MLR, QPST and BP network. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 134, 332-338.