NU Science Journal 2009; 6(1): 40 -54

การใช้ตัวแบบโลจิทสะสมในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงในกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็ง

อิทธิ ถิรนันท์ไพโรจน์ ประภัสสร มีสกุล และ วีรานันท์ พงศาภักดี*

The use of Cumulative Logit Models for Investigating the Factors Affecting the Cooked Rice's Weight in Frozen Meal Manufacturing

Itti Triranunpiroj, Prapatsorn Meesakun, and Veeranun Pongsapukdee*

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม 73000

*Corresponding author, E-mail: veeranun@su.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงในกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็ง ซึ่งเป็นข้อมูลน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงด้วยเครื่อง HLT ในกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็งของบริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด ตัวแปรตอบสนอง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามตามมาตรฐาน และน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยตัวแบบโลจิทสะสมมแบบ Proportional Odds (McCullagh, 1980) เพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรอธิบายต่าง ๆ ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองที่อยู่ในกลุ่มของน้ำหนักข้าววสวยที่ไม่ได้มาตรฐาน และประมาณความน่าจะเป็นสะสมของแต่ละกลุ่มของตัวแปรตอบสนอง ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรอธิบายที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองในประเภทน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน คือ ตำแหน่งถ้วยข้าวสวยที่อยู่บนด้านซ้ายของสายพาน (Position = 1) และที่อุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุงข้าวเป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 102 °C (Temp = 1) และจากการประมาณความน่าจะเป็นด้วยตัวแบบข้างต้น จะส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองที่อยู่ในกลุ่มของน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐานด้วยความน่าจะเป็น 0.0304 และในกลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐานด้วยความน่าจะเป็น 0.2629 ตลอดจนในกลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยเกินกมาตรฐาน ด้วยความน่าจะเป็น 0.7067 สรุปว่าที่ตำแหน่งถ้วยข้าวสวยอยู่บนด้านซ้ายของสายพานและอุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุงข้าวเป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 102 °C ส่งผลให้น้ำหนักของข้าวสวยมีโอกาสอยู่ในกลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน

คำสำคัญ: ตัวแบบโลจิทสะสม ตัวแบบ Proportional Odds ตัวแปรตอบสนองจำแนกประเภทแบบมีลำดับ น้ำหนักของข้าว สวยหลังหุง

Abstract

The cumulative logit models are applied to the data of the cooked rice's weight in frozen meal manufacturing which are from *CPF FOOD PRODUCT (THAILAND) CO., LTD***.** The response data are classified into three categories: lower than standard weight, standard weight, and higher than standard weight. The explanatory variables consist of Position, Formula, Fan speed, Belt speed, and Temperature. The research aim is to study the effects of explanatory variables on the response variable and to predict the response probabilities. The results reveal that the statistical significant factors affecting the cooked rice's weight are Position and Temperature at $\alpha = 0.05$. The estimated probabilities, when the position is left (Position = 1) and when the temperature, at in feed is 97-98 ºC, and at out feed are 101-102 ºC (Temp = 1) for the lower than standard cooked rice's weight of the response is approximately equal to 0.0304, and that for the standard cooked rice's weight of the response is approximately equal to 0.2629, and those for higher than standard cooked rice's weight of the response is approximately equal to 0.7067. In conclusion, these left positions and the temperature at in feed is 97-98 ºC, and at out feed is 101-102 ºC are the factors affecting the cooked rice's weight to higher than standard weight.

Keywords: cumulative logit models, proportional odds models, ordinal response variable, cooked rice's weight.

บทนำ

ในกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็งพร้อมทานนั้น น้ำหนักของข้าวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมาก โดยในกระบวนการผลิตยังพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงในแต่ละถ้วยนั้นบางส่วนได้น้ำหนักไม่ตรงตามน้ำหนักมาตรฐานที่โรงงานได้กำหนดไว้ จากปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลต่อผลิตผล (yield) ที่ได้และยังอาจกระทบต่อความรู้สึกของผู้บริโภคอีกด้วย โดยน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ไม่ตรงตามมาตรฐานนั้น พบว่ามีทั้งน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน และน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน งานวิจัยชิ้นนี้จึงสนใจที่จะตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุง จากข้อมูลจริงในกระบวนการผลิตที่ได้มาจากกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็งของบริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อน้ำหนักของข้าว

สวยหลังหุงในแต่ละระดับ โดยอาศัยเทคนิคการ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบเชิงสถิติ ที่มีตัวแปรตอบสนองจำแนกประเภทแบบมีลำดับ (Ordinal response variable) และตัวแปรอธิบายแบบต่าง ๆ

งานวิจัยนี้สนใจการนำตัวแบบ Proportional odds models (McCullagh, 1980) ซึ่งเป็นตัวแบบในกลุ่มของตัวแบบโลจิทสะสมมาประยุกต์กับข้อมูลน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักมาตรฐาน ภายใต้ขอบเขตของตัวแปรตอบสนอง 3 ประเภท คือ 1. น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน 2. น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน และ 3.น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน พร้อมทั้งศึกษาความน่าจะเป็นของแต่ละกลุ่มของตัวแปรตอบสนองจากตัวแบบที่นำมาวิเคราะห์ด้วย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรตอบสนองเป็นเชิงกลุ่มแบบมีลำดับ สามารถสร้างฟังชันก์ที่เรียกว่า Cumulative logit ภายใต้ Proportional odds models ในการแปลงค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนองหรือค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไขของ Y เมื่อกำหนดค่าของตัวแปรอธิบายหรือ X's ต่างๆ โดยตัวแบบที่ใช้เป็นรูปแบบหนึ่งของตัวแบบเชิงเส้นที่วางนัยทั่วไป (Nelder and Wederburn, 1972; วีรานันท์ พงศาภักดี, 2544) ดังนี้

พิจารณาตัวแปรตอบสนองจำแนกประเภทแบบมีลำดับ k กลุ่ม (1,…,k) ซึ่งมีการแจกแจงแบบพหุนาม (multinomial distribution) สมมติ Y แทนตัวแปรตอบสนองและ X แทนตัวแปรอธิบาย ตัวแบบโลจิทสะสมถูกเสนอโดย Walker และ Duncan ในปี 1967 ต่อมาได้ถูกนำมาปรับใช้และเรียกว่า Proportional odds model โดย McCullagh, 1980 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบาย $\mathbf{X} = (X_1, X_2, ..., X_p)$ กับความน่าจะเป็นสะสมของการแจกแจงของ Y (Agresti, 2002) กำหนดโดย

$$\log\left[\frac{P(Y \le j|X)}{P(Y > j|X)}\right] = \alpha_j + \beta' X \;;\; j = 1,..., k-1.$$

โดยที่ $\alpha_1 \le \alpha_2 \le ... \le \alpha_{k-1}$ ซึ่งจุดตัด ($\alpha_j : j = 1,\ldots,k-1$) แทน log Odds ของ Y ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ j เมื่อ X เป็นศูนย์

นั่นคือ $P(Y \le j) = \dfrac{e^{\alpha_j}}{1+e^{\alpha_j}}$ เมื่อ X's มีค่าเป็นศูนย์

เวกเตอร์สัมประสิทธิ์ β_i แทน log Odds ratio ของ Y ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ j เมื่อ X_i เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ขณะที่ตัวแปรอธิบายตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่ ทำให้ได้ว่า β_i ไม่ขึ้นกับค่า j ดังนั้นตัวแบบนี้มีข้อสมมติว่าความสัมพันธ์ของ X และ Y เป็นอิสระกับ j หรือจุดของการแบ่งกลุ่ม Y ซึ่ง McCullagh (1980) ได้เรียกข้อสมมติของการเท่ากันของ log Odds ratio ในทุก ๆ จุดตัดว่า Proportional odds assumption และเรียกตัวแบบนี้ว่า Proportional odds model

การประมาณค่าพารามิเตอร์ β ในตัวแบบ Proportional odds นี้ด้วยเทอม $\hat{\beta}$ ทำโดยอาศัยวิธีฟิชเชอร์- สกอริง (Fisher scoring method) ในการแก้สมการหาตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood method) และการประมาณค่า Odds ratio ทำได้จากจากเทอม $e^{\hat{\beta}}$

การทดสอบสมมติฐานว่าง H_0: $\beta_i = 0$ คู่สมมติฐานแย้ง H_1: $\beta_i \neq 0$, i = 1,..., p ภายใต้ตัวสถิติ Wald จะปฏิเสธสมมติฐานว่างถ้าค่า P - value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ α หมายความว่า ตัวแปรอธิบายนั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองแบบมีลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α

การทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของตัวแบบ หรือการทดสอบนัยสำคัญของตัวแปรอธิบายในตัวแบบแต่ละตัวแปรว่ามีอิทธิพลหรือมีความเกี่ยวพันธ์ (Association) กับตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ งานวิจัยนี้ใช้ตัวสถิติ 3 แบบ ได้แก่

1. ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio Test Statistic: LRTS) ใช้สำหรับทดสอบว่า สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบายที่สนใจในตัวแบบเป็นศูนย์หรือไม่ โดยตัวสถิติ LRTS = 2 Log L (fitted model) – 2 Log L (null model) ซึ่งมีการแจกแจงไคสแควร์ด้วยของศาอิสระเท่ากับผลต่างของจำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบสองตัวแบบที่ทดสอบ (Agresti, 1990)

2. ตัวสถิติทดสอบสกอร์ (Score Test) ใช้สำหรับทดสอบว่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบายในตัวแบบอย่างน้อย 1 ตัวเป็นศูนย์หรือไม่ โดย Maximize ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นเพียงภายใต้สมมติฐานว่าง $\beta_i = 0$ สำหรับทุกค่า i = 1, 2,…, p ตัวสถิติทดสอบสกอร์มีการแจกแจงไคสแควร์ด้วยของศาอิสระเท่ากับ p หรือจำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบ (Agresti, 1996)

3. ตัวสถิติทดสอบวาลด์ (Wald Test) อาศัยอัตราส่วนระหว่างค่า $\hat{\beta}_i$ กับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของ $\hat{\beta}_i$ นั้น ๆ กล่าวคือ $W_i = \frac{\hat{\beta}_i}{s.e.(\hat{\beta}_i)}$ หรือ $W_i^2 = \left(\frac{\hat{\beta}_i}{s.e.(\hat{\beta}_i)}\right)^2$ ซึ่งมีการแจกแจงไคสแควร์ด้วยของศาอิสระเท่ากับ 1 โดยมี H_0: $\beta_i = 0$ (วีรานันท์ พงศาภักดี, 2544)

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ตัวสถิติที่ใช้เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมหรือภาวะสารูปดีของตัวแบบในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ตัวสถิติ AIC (Akaike's Information Criterion) ตัวสถิติ SC (Schwarz Criterion) และตัวสถิติ -2log L

โดยที่

AIC = -2 log L + 2 ((k-1) + s) ที่ได้มาจากการประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็น โดยที่ k แทนจำนวนระดับหรือประเภทของตัวแปรตอบสนอง และ s แทนจำนวนตัวแปรทำนายของตัวแบบ ค่า AIC ที่น้อยที่สุดถือว่าตัวแบบมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับข้อมูล (Akaike, 1973; Burnham and Anderson, 1998)

SC = -2 log L +k log (n) โดยที่ n คือขนาดตัวอย่าง ค่า SC ที่น้อยที่สุดหมายความว่า ตัวแบบมีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลมากที่สุด (Schwarz, 1978)

- 2 log L คือ ตัวสถิติใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

โดยที่ L คือ ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นของตัวแปรตอบสนองแบบมีลำดับ k ระดับหรือประเภท ของตัวแบบโลจิทสะสม (Agresti, 2002)

$$L = \prod_{i=1}^{n}\left[\prod_{j=1}^{k}(P(Y_i \le j \mid X_i) - P(Y_i \le (j-1) \mid X_i))^{y_{ij}}\right]$$

$$= \prod_{i=1}^{n}\left\{\prod_{j=1}^{k}\left(\frac{\exp(\alpha_j + \beta' X_i)}{1+\exp(\alpha_j + \beta' X_i)} - \frac{\exp(\alpha_{j-1} + \beta' X_i)}{1+\exp(\alpha_{j-1} + \beta' X_i)}\right)^{y_{ij}}\right\}$$

การสรุปผล ถ้าตัวแบบที่ต้องการเลือกหรือสนใจเปรียบเทียบมีหลายตัวแบบ ภาวะสารูปดีของตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด คือ ตัวแบบที่มีค่า -2 Log L น้อยที่สุด (Stokes *et a*l., 2000; Pongsapukdee and Sukgumphaphan**,** 2007)

ระเบียบวิธีการวิจัย

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงในกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็งของบริษัท ซี พีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด ซึ่งเก็บตัวอย่างมาจากเครื่อง HLT ในวันที่ 27-28 ตุลาคม พ.ศ. 2551 จำนวน 1758 ถ้วย ตัวแปรตอบสนอง คือ ตัวแปรจำแนกตามกลุ่มหรือประเภทของน้ำหนักข้าว จำนวน 3 ประเภท คือ 1. น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน 2. น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน และ 3. น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน ตัวแปรอธิบายมีจำนวน 5 ตัวแปร ที่อาจส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง ได้แก่

1. Formula สูตรการหุงข้าวโดยใช้ข้าวสารและน้ำในอัตราส่วนต่างกัน 2 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ข้าว 106-109 กรัม และน้ำหนัก รวมข้าวกับน้ำ 214 – 218 กรัม, สูตรที่ 2 แทนข้าว 101 - 103 กรัม และน้ำหนักรวมข้าวกับน้ำ 202 - 204 กรัม

2. Position ตำแหน่งของถ้วยหุงข้าวบนสายพาน แบ่งเป็น 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ซ้าย กลาง ขวา

3. Fan ความเร็วพัดลม แบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ความเร็ว 353 - 354 รอบ/วินาที และความเร็ว 355 - 362 รอบ/วินาที

4. Belt ความเร็วสายพาน แบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ความเร็ว14.01-15.00 นาที/รอบ และความเร็ว 14.54-15.26 นาที/รอบ

5. Temp อุณหภูมิขณะหุงด้วยเครื่อง HLT แบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 102 °C และ อุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C

การประมาณตัวแบบ และการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรตอบสนองจำแนกประเภทแบบมีลำดับด้วยตัวสถิติ -2Log L, AIC และ SC และทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์โลจิทด้วยตัวสถิติวาลด์ (Wald Test) โดยใช้โปรแกรม SAS (Statistical Analysis System) Version 9.1

ผลการวิจัย

ผลการตรวจสอบตัวแบบ Proportional Odds models ว่ามีความสอดคล้องกับข้อสมมติของตัวแบบหรือไม่ พบว่า ค่าของตัวสถิติไคสแควร์ 0.9325 ซึ่งให้ค่า p-value = 0.8176 > $\alpha = 0.05$ หมายความว่าข้อมูลในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุง เป็นไปตามข้อสมมติของตัวแบบ Proportional Odds ภายใต้ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการทดสอบภาวะสารูปดี (Goodness-of-fit) ของตัวแบบ พบว่าตัวสถิติ Pearson มีค่าเท่ากับ 13.2022 ให้ค่า p-value = 0.0673 หมายความว่า ตัวแบบมีภาวะสารูปดีกับข้อมูลน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงกับตัวแปรอธิบายทั้ง 5 ตัวแปรภายใต้ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (p - value > 0.05)

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโลจิทสะสม พบว่าให้ค่าของตัวสถิติ AIC, SC และ -2 log L หรือ G^2 เท่ากับ 2842.485, 2869.844 และ 2832.485 ตามลำดับ ดังนั้นตัวแบบมีความเหมาะสมกับข้อมูล ณ α = 0.05 ภายใต้สถิติไคสแควร์ ณ องศาอิสระ 3 โดยสอดคล้องกับการทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์ (β=0) ของตัวแบบโลจิทสะสมด้วยตัวสถิติ Likelihood Ratio, Score และ Wald ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวสถิติ Likelihood Ratio, Score และ Wald Statistics

Test Statistics	Chi-Square	DF	Prob > ChiSq
Likelihood Ratio	595.0092	3	<.0001
Score	543.5723	3	<.0001
Wald	489.3079	3	<.0001

จากตาราง 1 แสดงผลการทดสอบสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบายแต่ละตัวของตัวแบบเท่ากับ 0 หรือไม่ จากผลของการทดสอบด้วยตัวสถิติ Likelihood Ratio, Score และ Wald ให้ผลลัพธ์เหมือนกัน นั่นคือ ผลลัพธ์ที่ได้ชี้ให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์อย่างน้อยหนึ่งตัวที่ไม่เท่ากับศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (p - value < 0.05)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ตัวแปรที่ได้รับการคัดเลือกจากตัวแปรทั้งหมดด้วยวิธี Stepwise ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปร ตำแหน่งของถ้วยข้าวบนสายพาน (Position) และอุณหภูมิของเครื่อง HLT

ขณะหุงข้าว (Temp) นั้น มีอิทธิพลหรือมีความเกี่ยวพันธ์กับน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตาราง 2 ต่อไป

ตาราง 2 การทดสอบเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ในตัวแบบโลจิทสะสม

Effect	DF	Wald Chi-Square	Prob > ChiSq
position	2	19.0123	<.0001
temp	1	483.3642	<.0001

ส่วนค่าประมาณของพารามิเตอร์ในตัวแบบ องศาอิสระ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าของตัวสถิติทดสอบ แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าประมาณสำหรับพารามิเตอร์ของตัวแบบโลจิทสะสม ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดแบบมีการย้อนซ้ำ

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Prob >ChiSq (P – value)
Intercept1	1	-6.1773	0.2153	823.3359	<.0001
Intercept2	1	-3.5956	0.1761	417.1257	<.0001
Position1	1	-0.00595	0.0711	0.0070	0.9333
Position2	1	0.2736	0.0703	15.1316	0.0001
Temp1	1	2.4427	0.1111	483.3642	<.0001

จากตาราง 3 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ของตัวแบบโลจิทสะสมที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) จากค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบโลจิทสะสมของตัวแปรอธิบาย 2 ตัวที่ถูกเลือกเข้าตัวแบบ คือ ตำแหน่งของถ้วยข้าวบนสายพาน (Position)และอุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุง (Temp) พบว่าที่ตำแหน่งของถาดข้าวบนสายพานด้านซ้ายมีผลต่อน้ำหนักของข้าวสวยไม่แตกต่างกับสายพานด้านขวาที่ระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 (p - value > 0.05) ตำแหน่งของถ้วยข้าวตรงกลางสายพานมีผลต่อน้ำหนักของข้าวสวยแตกต่างกับสายพานด้านขวาที่ระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 (p - value < 0.05) และอุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุงที่มีอุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 – 102 °C มีผลต่อน้ำหนักของข้าวสวยแตกต่างจากอุณหภูมิของเครื่อง HLT ที่มีอุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C จากค่าประมาณสัมประสิทธิ์ที่ได้สามารถเขียนสมการโลจิทสะสมตัวอย่าง

(Estimate Cumulative Logit) สำหรับตัวแบบโลจิทสะสมเมื่อไม่พิจารณาตำแหน่งทางซ้ายของถ้วย ได้สองสมการ ดังนี้

$$\text{logit}[P(Y\leq 1|x_i)] = -6.1773 + 0.2736\ \text{Position2} + 2.4427\ \text{Temp}\ ;\ i = 1,2 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\text{logit}[P(Y\leq 2|x_i)] = -3.5956 + 0.2736\ \text{Position} + 2.4427\ \text{Temp}\ ;\ i = 1,2 \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

จากสมการ (1) และ (2) ค่าความน่าจะเป็นสะสมสามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(Y \leq 1) = \frac{e^{-6.1773 + 0.2736\ \text{Position2} + 2.4427\ \text{Temp}}}{1+e^{-6.1773 + 0.2736\ \text{Position2} + 2.4427\ \text{Temp}}}$$

$$P(Y \leq 2) = \frac{e^{-3.5956 + 0.2736\ \text{Position2} + 2.4427\ \text{Temp}}}{1+e^{-3.5956 + 0.2736\ \text{Position2} + 2.4427\ \text{Temp}}}$$

การพยากรณ์ถ้วยข้าวสวยถ้วยหนึ่งที่อยู่บนด้านซ้ายของสายพาน และขณะนั้นอุณหภูมิของเครื่อง HLT เป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 102 °C พบว่าจะมีความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=1) = P(Y \leq 1) = \frac{e^{-6.1773 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(1)}}}{1+e^{-6.1773 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(1)}}} = \frac{e^{-3.461}}{1+e^{-3.461}} = 0.0304$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.0304

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ตรงมาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=2) = P(Y \leq 2) - P(Y \leq 1) = \frac{e^{-3.5956 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(1)}}}{1+e^{-3.5956 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(1)}}} - 0.0304$$

$$= \frac{e^{-0.8793}}{1+e^{0.8793}} - 0.0304 = 0.2629$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ในกลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน เท่ากับ 0.2629

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่เกินกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=3) = 1 - P(Y \leq 2) = 1 - 0.2933 = 0.7067$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน เท่ากับ 0.7067

การพยากรณ์ถ้วยข้าวสวยถ้วยหนึ่งที่อยู่ตรงกลางของสายพาน และขณะนั้นอุณหภูมิของเครื่อง HLT เป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 102 °C พบว่าจะมีความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=1) = P(Y \le 1) = \frac{e^{-6.1773 + 0.2736\,Position(2) + 2.4427\,Temp(1)}}{1+e^{-6.1773 + 0.2736\,Position(2) + 2.4427\,Temp(1)}} = \frac{e^{-3.1874}}{1+e^{-3.1874}} = 0.0396$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.0396

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ตรงมาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=2) = P(Y \le 2) - P(Y \le 1) = \frac{e^{-3.5956 + 0.2736\,Position(2) + 2.4427\,Temp(1)}}{1+e^{-3.5956 + 0.2736\,Position(2) + 2.4427\,Temp(1)}} - 0.0396$$

$$= \frac{e^{-0.6057}}{1+e^{-0.6057}} - 0.0396 = 0.3134$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน** เท่ากับ 0.3134

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่เกินกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=3) = 1 - P(Y \le 2) = 1 - 0.3530 = 0.6470$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.6470

การพยากรณ์ถ้วยข้าวสวยถ้วยหนึ่งที่อยู่บนด้านขวาของสายพาน และขณะนั้นอุณหภูมิของเครื่อง HLT เป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และ อุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 102 °C พบว่าจะมีความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=1) = P(Y \le 1) = \frac{e^{-6.1773 + 0.2736\,Position(3) + 2.4427\,Temp(1)}}{1+e^{-6.1773 + 0.2736\,Position(3) + 2.4427\,Temp(1)}} = \frac{e^{-2.9138}}{1+e^{-2.9138}} = 0.0515$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.0515

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ตรงมาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=2) = P(Y \le 2) - P(Y \le 1) = \frac{e^{-3.5956 + 0.2736\,Position(3) + 2.4427\,Temp(1)}}{1+e^{-3.5956 + 0.2736\,Position(3) + 2.4427\,Temp(1)}} - 0.0515 =$$

0.3662

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน** เท่ากับ 0.3662

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่เกินกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=3) = 1 - P(Y \le 2) = 1- 0.4177 = 0.5823$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.5828

การพยากรณ์ถ้วยข้าวสวยถ้วยหนึ่งที่อยู่บนด้านซ้ายของสายพาน และขณะนั้นอุณหภูมิของเครื่อง HLT เป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C พบว่าจะมีความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=1) = P(Y \le 1) = \frac{e^{- 6.1773 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(2)}}}{1+e^{- 6.1773 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(2)}}} = \frac{e^{-1.0183}}{1+ e^{-1.0183}} = 0.2654$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.2654

ทำนองเดียวกันกับข้างต้น ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ตรงมาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=2) = P(Y \le 2) - P(Y \le 1) = \frac{e^{- 3.5956 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(2)}}}{1+e^{- 3.5956 + 0.2736\ \text{Position(1)} + 2.4427\ \text{Temp(2)}}} - 0.2654 = 0.5614$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน** เท่ากับ 0.5614

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่เกินกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=3) = 1 - P(Y \le 2) = 1- 0.8268 = 0.1732$$

ไความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.1732

การพยากรณ์ถ้วยข้าวสวยถ้วยหนึ่งที่อยู่ตรงกลางของสายพาน และขณะนั้นอุณหภูมิของเครื่อง HLT เป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C พบว่าจะมีความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=1) = P(Y \le 1) = \frac{e^{- 6.1773 + 0.2736\ \text{Position(2)} + 2.4427\ \text{Temp(2)}}}{1+e^{- 6.1773 + 0.2736\ \text{Position(2)} + 2.4427\ \text{Temp(2)}}} = \frac{e^{-0.7447}}{1+ e^{-0.7447}} = 0.3220$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.3220

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ตรงมาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=2) = P(Y \le 2) - P(Y \le 1) = \frac{e^{-3.5956 + 0.2736\,\text{Position}(2) + 2.4427\,\text{Temp}(2)}}{1+e^{-3.5956 + 0.2736\,\text{Position}(2) + 2.4427\,\text{Temp}(2)}} - 0.3220 = 0.5406$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน** เท่ากับ 0.5406

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่เกินกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=3) = 1 - P(Y \le 2) = 1 - 0.8626 = 0.1374$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.1374

การพยากรณ์ถ้วยข้าวสวยถ้วยหนึ่งที่อยู่บนด้านขวาของสายพาน และขณะนั้นอุณหภูมิของเครื่อง HLT เป็นดังนี้ อุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C พบว่าจะมีความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=1) = P(Y \le 1) = \frac{e^{-6.1773 + 0.2736\,\text{Position}(3) + 2.4427\,\text{Temp}(2)}}{1+e^{-6.1773 + 0.2736\,\text{Position}(3) + 2.4427\,\text{Temp}(2)}} = \frac{e^{-0.4711}}{1+e^{-0.4711}} = 0.3844$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ต่ำกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.3844

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่ตรงมาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=2) = P(Y \le 2) - P(Y \le 1) = \frac{e^{-3.5956 + 0.2736\,\text{Position}(3) + 2.4427\,\text{Temp}(2)}}{1+e^{-3.5956 + 0.2736\,\text{Position}(3) + 2.4427\,\text{Temp}(2)}} - 0.3844 = 0.5075$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่ตรงตามมาตรฐาน** เท่ากับ 0.5075

ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจะอยู่ในกลุ่มน้ำหนักที่เกินกว่ามาตรฐาน เท่ากับ

$$P(Y=3) = 1 - P(Y \le 2) = 1 - 0.8919 = 0.1081$$

ได้ความน่าจะเป็นที่น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงอยู่ใน **กลุ่มน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงที่เกินกว่ามาตรฐาน** เท่ากับ 0.1081

ตาราง 4 ค่าประมาณ Odds Ratio และช่วงความเชื่อมั่นสำหรับ Odds

Odd Ratio Estimates

Effect	Point Estimate	95% Wald Confidence Limits	
position 1 vs 3	1.299	1.016	1.662
position 2 vs 3	1.718	1.346	2.192
temp 1 vs 2	11.504	9.253	14.303

หมายเหตุ position 1, 2, 3 แทน ตำแหน่งของถ้วยหุงข้าว ซ้าย กลาง ขวา ตามลำดับ และ temp 1, 2 แทนอุณหภูมิ 2 ระดับ

จากตาราง 4 สามารถสรุปได้ดังนี้

- ตำแหน่งของข้าวสวยบนสายพานที่ด้านซ้าย มีโอกาสที่จะอยู่ในกลุ่มของน้ำหนักของข้าวสวยที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เป็น 1.299 เท่าของตำแหน่งของข้าวสวยบนสายพานที่ด้านขวา ข้าวสวยบนสายพานที่ด้านขวาจึงได้มาตรฐานกว่าทางด้านซ้าย

- ตำแหน่งของข้าวสวยตรงกลางสายพาน มีโอกาสที่จะอยู่ในกลุ่มของน้ำหนักของข้าวสวยที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เป็น1.718 เท่าของตำแหน่งของข้าวสวยบนสายพานที่ด้านขวา ข้าวสวยบนสายพานที่ด้านขวาจึงได้มาตรฐานกว่าตรงกลางสายพาน

- อุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุงที่มีอุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 – 102 °C มีโอกาสที่จะอยู่ในกลุ่มของน้ำหนักของข้าวสวยที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เป็น 11.504 เท่าของอุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุงที่มีอุณหภูมิด้าน อุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C แสดงว่าอุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุงที่มีอุณหภูมิด้าน อุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C ได้มาตรฐานกว่าอุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุงที่มีอุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 – 102 °C

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงในกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็ง ซึ่งเป็นข้อมูลน้ำหนักกของข้าวสวยหลังหุงด้วยเครื่อง HLT ในกระบวนการผลิตข้าวกล่องแช่แข็งของบริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด พบว่า ผลของการวิจัยภายใต้ตัวแบบโลจิทสะสมที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบได้ว่า อิทธิพลของตัวแปรอธิบายที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุง คือ ตำแหน่งของถาดข้าวสวยบนสายพาน (position) และอุณหภูมิของเครื่อง HLT ขณะหุง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์ด้วยตัวแบบโลจิทสะสมเพิ่มเติม ซึ่งเกี่ยวกับความน่าจะเป็นของน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงจำแนกตามตำแหน่งของข้าวสวยบนสายพาน และ อุณหภูมิของเครื่อง HLT สามารถ

สรุปผล โดยจำแนกตามประเภทหรือกลุ่มของตัวแปรตอบสนอง (Y) และตามประเภทหรือกลุ่มของตัวแปรอธิบายดังกล่าวที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุง ดังตาราง 5

ตาราง 5 ความน่าจะเป็นของน้ำหนักข้าวสวยหลังหุง จำแนกตามอุณหภูมิ และตำแหน่งของข้าวสวยบนสายพาน

ระดับหรือประเภทของตัวแปรตอบสนอง (Y)	อุณหภูมิของเครื่อง HLT ด้าน In feed 97-98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101-102 °C (temp = 1)			อุณหภูมิของเครื่อง HLT ด้าน In feed 99-106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101-107 °C (temp = 2)		
	ตำแหน่งของถ้วยข้าวบนสายพาน (position)			ตำแหน่งของถ้วยข้าวบนสายพาน (position)		
	ซ้าย (1)	กลาง (2)	ขวา (3)	ซ้าย (1)	กลาง (2)	ขวา (3)
น้ำหนักของข้าวสวยที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (1)	0.0304	0.0396	0.0515	0.2654	0.3220	0.3844
น้ำหนักของข้าวสวยที่ตรงมาตรฐาน (2)	0.2629	0.3134	0.3662	0.5614	0.5406	0.5075
น้ำหนักของข้าวสวยที่เกินมาตรฐาน (3)	0.7067	0.6470	0.5823	0.1732	0.1374	0.1081

จากตาราง 5 สรุปว่า ความน่าจะเป็นที่จะเกิดน้ำหนักของข้าวสวยที่เกินกว่ามาตรฐาน มีโอกาสเกิดได้มากกว่าน้ำหนักของข้าวสวยที่ต่ำกว่ามาตรฐาน โดยจุดที่น่าจะเกิดปัญหาน้ำหนักของข้าวสวยเกินกว่ามาตรฐานมากที่สุด คือ เมื่ออุณหภูมิของเครื่อง HLT อุณหภูมิด้าน In feed 97 - 98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 102 °C และถาดข้าวสวยอยู่บนด้านขวาของสายพาน และจุดที่น่าจะเกิดปัญหาน้ำหนักของข้าวสวยต่ำกว่ามาตรฐานมากที่สุด คือ อุณหภูมิของเครื่อง HLT อุณหภูมิด้าน In feed 99 - 106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101 - 107 °C และถาดข้าวอยู่บนด้านขวาของสายพาน

และพบว่าที่อุณหภูมิของเครื่อง HLT อุณหภูมิด้าน In feed 99-106 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101-107 °C มีโอกาสที่ทำให้น้ำหนักของข้าวสวยอยู่ในกลุ่มที่น้ำหนักตรงตามมาตรฐานมากกว่าอุณหภูมิของเครื่อง HLTอุณหภูมิด้าน In feed 97-98 °C และอุณหภูมิด้าน Out feed 101-102 °C

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลของน้ำหนักของข้าวสวยหลังหุง (กรัม) ทั้งหมด 1758 ค่า ทำการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแบบโลจิทสะสม เมื่อตัวแปรตอบสนองเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มแบบมีลำดับ 3 กลุ่ม และตัวแปรอธิบายเป็นแบบเชิงกลุ่ม 2 กลุ่ม และ 3 กลุ่ม ในกรณีที่ตัวแปรอธิบายเชิงกลุ่ม 2 กลุ่มบางตัว เช่น ความเร็วสายพาน และความเร็วพัดลม ที่ไม่ได้เข้าตัวแบบนั้นแต่น่าจะมีผลต่อน้ำหนักข้าวด้วย

ดังนั้นจึงอาจจะแบ่งกลุ่มของตัวแปรให้ละเอียดขึ้นและมีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม กันมากกว่านี้ ซึ่งอาจจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความชัดเจนได้มากขึ้น

ในกระบวนการหุงข้าวนั้น ใช้วิธีการหุงโดยการตวงข้าวและน้ำใส่ถ้วยสแตนเลส ซึ่งน้ำหนักของถ้วยสแตนเลส อาจมีน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้น้ำหนักของข้าวสวยหลังหุงไม่ตรงตามมาตรฐาน และอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจมีผลนั่นคืออาจเกิดจากคนงานที่ทำการตวงข้าวและน้ำอาจจะใส่ข้าวและน้ำเกินกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งประสิทธิภาพของคนงานในแต่ละกะไม่เท่ากัน

นอกจากนั้นข้อมูลน้ำหนักของข้าวสวยที่เก็บมานี้ได้ทำในเดือนเดียวกัน ที่อยู่ในฤดูเดียวกัน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ออาจไม่แตกต่างกันมาก ผู้ทำวิจัยจึงไม่ได้พิจารณาใส่ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์นี้ลงในตัวแบบ ดังนั้นถ้าเก็บข้อมูลต่างฤดูกาล ซึ่งในแต่ละฤดูอาจมีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เท่ากัน อาจเพิ่มตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ และตัวแปรอธิบายอื่น ๆ เช่น ตัวแปรน้ำหนักของถ้วยสแตนเลส ตัวแปรกะการทำงาน เพื่อการศึกษาเพิ่มเติมได้

เอกสารอ้างอิง

วีรานันท์ พงศาภักดี. (2544). การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2 นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Agresti, A. (1990). Categorical Data Analysis. Wiley, New York.

Agresti, A. (1996). Introduction to Categorical Data Analysis. Wiley, New York.

Agresti, A. (2002). Categorical Data Analysis, 2nd ed., Wiley, New York.

Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, in second Intenational Symposium on Information Theory (eds. B.N. Petrov and F. Czake). Akademiai, Kiado, Budapest, 267 – 81.

Burnham,K.P. and Anderson D.R. (1998). Model Selection and Inference. A Practical Information-Theoretic Approach. Springer-Verlag, New York.

McCullagh, P. (1980). Regression Models for Ordinal Data. *J. Royal, Statist. Soc. Ser, B42*: 109 – 142.

Nelder, J.A. and Wederburn, R.W.M. (1972). Generalized Linear Models. *J. Royal, Statist. Soc. Ser,* : A135: 370 – 384.

Pongsapukdee V. and Sukgumphaphan S. (2007). Goodness-of-Fit of Cumulative Logit Models for Ordinal Response Categories and Nominal Explanatory variables with Two-Factor Interaction. *Silpakorn University Science and Technology Journal, 1*(2) (July – December 2007).

SAS Institute Inc. (1995). Logistic Regression Examples Using the SAS System. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Schwarz, G. (1978). Estimating the dimensions of a model. *Annals of Statistics, 6*, 461-464.

Stokes, M.E., Davis, C.S., and Koch, G.G. (2000). Categorical Data Analysis Using the SAS System. 2nd ed., Cary, NC: SAS Institute Inc.

Walker, S. H. and Duncan, D. B. (1967). Estimation of probability of an event as a function of several independent variables. *Biometrika, 54*, 167-179.