

ST-025

การพัฒนาคุณภาพกระบวนการรีดแป้งโดจากเครื่องรีดแป้งชนิดสามลูกรีด Improving the Dough Rolling Quality for Three Tablet Rolling Machine

ธนศ ตาปราบ^{1,*}, ตั้งเฮง ยนต์สธิติกุล², สมเดช อิงคะวะระ³ และ อุกฤษฏ์ ธนทรัพย์ทวี⁴

Thanet Taprap^{1,*}, Tangheng Yonsathitkun², Somdech Ingkawara³ and Ukrit Thanasuptawe⁴

^{1,2}สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์

³สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

⁴สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

^{1,2}Automotive Engineering Faculty of Engineering Phanomwan College of Technology

³Industrial Engineering Faculty of Engineering Pathumwan Institute of Technology

⁴Industrial Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna (Tak Campus)

Corresponding author's e-mail: thanet_ame-sut@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพกระบวนการรีดแป้งโดโดยหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการรีดแผ่นแป้งจากเครื่องรีดแป้งชนิดสามลูกกลิ้ง โดยจะต้องทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องจักรให้เหมาะสมสำหรับกระบวนการรีดแป้งโด เพื่อให้ได้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่กระบวนการต่อไป ก่อนหน้านั้นในกระบวนการรีดแป้งพบปัญหาคือแผ่นแป้งเกิดการขาดในระหว่างกระบวนการรีด สมมติฐานในครั้งนี้นี้ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพแผ่นแป้งที่ได้จากกระบวนการรีดคืออัตราการหมุนของลูกรีดไม่สัมพันธ์กับอัตราการป้อนของสายพานลำเลียง ดังนั้นการใช้วิธีการออกแบบการทดลองจะถูกนำมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในการกำหนดพารามิเตอร์ของเครื่องจักร เพื่อให้ได้ผลผลิตออกมาตามมาตรฐานที่กำหนด ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการออกแบบการทดลองช่วยในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักร โดยกำหนดปัจจัยดังนี้ ความเร็วรอบลูกกลิ้งและอัตราการป้อนของสายพานลำเลียง จากการวิจัยพบว่า ปัจจัยเกี่ยวกับความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อระยะหย่อนของแผ่นแป้งที่ถูกรีดก่อนเข้าลูกกลิ้งชุดที่ 2 และ 3 โดยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการรีดแป้งคือ ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 เท่ากับ 1 รอบต่อนาที และความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 3 เท่ากับ 1 รอบต่อนาที อย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเชื่อมั่น 95%

คำสำคัญ: เครื่องรีดแป้งโดแบบสามลูกกลิ้ง, กระบวนการรีดแป้งโด

ABSTRACT

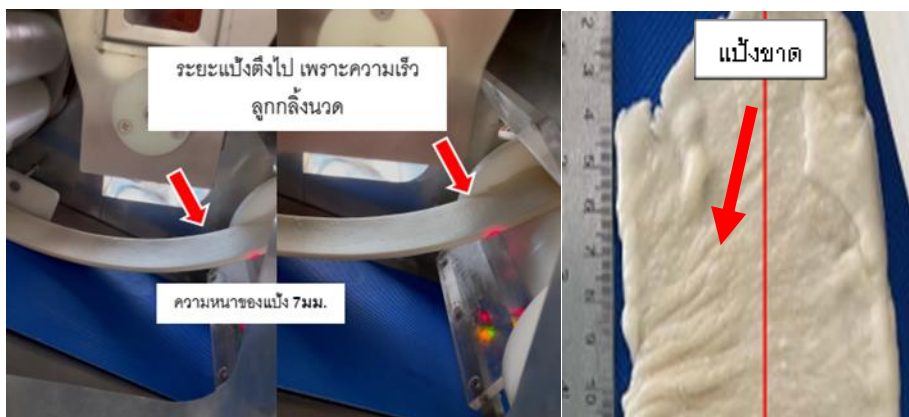
This research aims to improve the quality of dough rolling process by finding the appropriate parameters in the dough sheet rolling process from a three-roller dough sheeter. The parameters of the machine must be set to be appropriate for the dough sheet rolling process in order to get the right size of dough to be fed to the next process. Previously, in the dough rolling process, the problem was that the rolled dough sheet was not continuous and broke during the rolling process. The hypothesis in this study is that the factor affecting the quality of the dough sheet from the rolling process is that the rotation rate of the roller is not related to the feed rate of the conveyor belt. Therefore, the use of the experimental design method will be used as a tool to solve the problem of determining the machine parameters in order to get the production according to the specified standards. In this research, the 2k factorial experimental design method will be used to help determine the machine parameters by specifying the following factors: roller speed and conveyor feed rate. From the research, it was found that factor A (roller speed of set no.2) was the main factor affecting the slack of the rolled dough sheet before entering the roller sets no.2 and no.3. The appropriate parameter for dough rolling was the roller speed of set 2 (1 RPM) and the roller speed of set 3 (1 RPM) with a significant reliability of 95%.

Keywords: Dough Rolling Machine Type 3-Tablet, Rolling Dough Process.

บทนำ

เครื่องจักรในการแปรรูปอาหารมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารอย่างมาก เพราะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดการสูญเสียวัตถุดิบ และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยลดการพึ่งพาแรงงานมนุษย์และเพิ่มความปลอดภัยในกระบวนการผลิตอีกเช่น 1.การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนเครื่องจักรช่วยลดเวลาในการผลิตอาหารและเพิ่มปริมาณการผลิตต่อวันได้มากขึ้น ช่วยลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว 2.ความสะอาดและความปลอดภัยเครื่องจักรสามารถควบคุมกระบวนการผลิตให้ได้มาตรฐานทางสุขอนามัย ลดความเสี่ยงในการปนเปื้อน และทำให้อาหารปลอดภัยต่อการบริโภค 3.การรักษาคุณภาพและความสม่ำเสมอการใช้เครื่องจักรทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่สม่ำเสมอ ไม่ว่าจะผลิตในปริมาณมากหรือน้อย จึงช่วยรักษาภาพลักษณ์ของแบรนด์และเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า V. Cynthia (2021).

ในงานวิจัยจะยกตัวอย่างกระบวนการทำขนมเปียะมาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นการนำเครื่องจักรมาใช้ช่วยในการเตรียมแป้งในลักษณะการรีดโดให้เป็นแผ่นเพื่อนำไปห่อเป็นก้อน แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการรีดแป้งด้วยเครื่องรีดแป้งจะต้องทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องจักรให้เหมาะสม โดยปัญหาที่พบในกระบวนการรีดแป้งโดยใช้เครื่องจักร คือ แป้งแป้งที่รีดมีความไม่ต่อเนื่องและเกิดการขาดในระหว่างกระบวนการรีดดังแสดงในรูปภาพที่.1 โดยสมมติฐานในครั้งนี่คืออัตราการหมุนของลูกรีดไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนของสายพานลำเลียง ดังนั้นการใช้วิธีการออกแบบการทดลองจะถูกนำมาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในการกำหนดพารามิเตอร์ของเครื่องจักร เพื่อให้ได้ผลผลิตออกมาตามมาตรฐานที่กำหนด



ภาพที่ 1 แป้งแป้งที่รีดมีความไม่ต่อเนื่องและเกิดการขาดในระหว่างกระบวนการรีด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและทดสอบคุณภาพกระบวนการรีดแป้งโดโดยหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้เครื่องรีดแป้งโดแบบสามลูกรีด

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรควบคุมแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรควบคุม

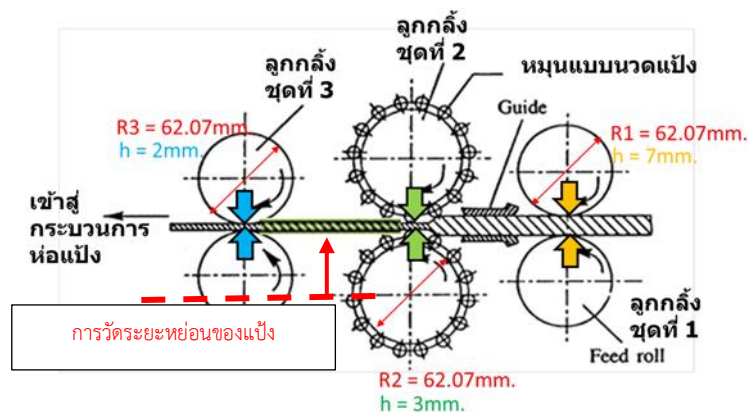
ลำดับ	ตัวแปร	ขนาด	หน่วย
1	ขนาดของโดก่อนเข้ารีด	26x40	mm
2	ระยะห่างลูกกลิ้งชุดที่ 1	7	mm
3	ระยะห่างลูกกลิ้งชุดที่ 2	3	mm
4	ระยะห่างลูกกลิ้งชุดที่ 3	2	mm
5	ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 1	1	mm
6	อัตราการป้อนโดก่อนลูกกลิ้งชุดที่ 1 (Vf)	15.93	mm/s

ตัวแปรที่ทำการศึกษาแสดงในรูปภาพที่ 2

1. ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2
2. ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 3

ผลตอบสนองแสดงในรูปภาพที่ 2

1. ระยะหย่อนของแผ่นแป้งก่อนเข้าลูกกลิ้งชุดที่ 2
2. ระยะหย่อนของแผ่นแป้งก่อนเข้าลูกกลิ้งชุดที่ 3



ภาพที่ 2 ชิ้นส่วนตัวแปรที่ทำการศึกษา และการวัดระยะหย่อนของแผ่นแป้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องจักรรีดแป้งแบบ 3 ลูกรีด หลักการทำงานของเครื่องรีดแป้งแบบ 3 ลูกรีด ในส่วนรีดแป้งจะประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกัน ลูกกลิ้งชุดที่ 1 ทำหน้าที่ปรับรูปร่างของโดจากเป็นก้อนให้เป็นแผ่น ลูกกลิ้งชุดที่ 2 รับแผ่นแป้งมาแล้วทำการนวดแป้งแล้วส่งต่อไปยังลูกกลิ้งชุดที่ 3 ซึ่งจะเป็นตัวทำหน้าที่ปรับความหนาของแป้งให้มีขนาดตามที่ต้องการเพื่อนำไปสู่กระบวนการห่อแป้งต่อไป คุณสมบัติเครื่องจักร ขนาด ยาวxกว้างxสูง (L x W x H) 5500x700x1500 มิลลิเมตร กำลังไฟฟ้า 3.2 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 550 กิโลกรัม แรงดันไฟฟ้า 220/380 โวลต์ ความถี่ 50/60 Hz (เฮิรตซ์) ระยะห่างลูกรีดชุดที่ 1 ขนาด 1-10 มิลลิเมตร ระยะห่างลูกรีดชุดที่ 2 ขนาด 1-10 มิลลิเมตร ระยะห่างลูกรีดชุดที่ 3 ขนาด 0.5-5 มิลลิเมตร (Hengyuan Food Machinery Co., Ltd.)



ภาพที่ 3 โครงสร้างเครื่องรีดแป้งโดแบบสามลูกกลิ้ง
(Hengyuan Food Machinery Co., Ltd.)

2. แป้งโด จะถูกผสมด้วยสูตรของทางร้าน White Linen HOME CAFÉ จังหวัดกาฬสินธุ์ การกำหนดขนาดของโดก่อนเข้าสู่กระบวนการรีดแป้ง มีขนาดความสูง 26 มิลลิเมตร กว้าง 40 มิลลิเมตรค่าความเร็วของสายพานลำเลียง $V_f = 15.93 \text{ mm/sec}$ จะมีความสอดคล้องกับความหนาของแผ่นแป้งหลังจากลูกกลิ้งชุดที่ 1 $h_f = 7 \text{ mm}$. หาได้จากสมการ $bh_oV_o = bhV = bh_fV_f$ GEORGE E. DIETER, JR. (1988).



ภาพที่ 4 การกำหนดความหนาของโดก่อนเข้าสู่กระบวนการรีด

3. กำหนดปัจจัยสำหรับกระบวนการรีดแป้งจากการศึกษาปัญหาข้างต้น พบว่าในกระบวนการรีดแป้งหลังจากแผ่นแป้งผ่านลูกกลิ้งชุดที่ 1 มาแล้วแผ่นแป้งที่รอเข้าสู่ลูกกลิ้งชุดที่ 2 เกิดการรอ ในกรณีปรับความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 เร็วเกินไปจะทำให้แผ่นแป้งตึง และขาด หรือถ้าปรับความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 ต่ำเกินไป ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 3 ก็จะตึงแผ่นแป้งจนขาด โดยสมมติฐานในครั้งนี่คืออัตราการหมุนของลูกรีดไม่

สัมพันธ์กับอัตราการป้อนของสายพานลำเลียง ดังนั้นปัจจัยที่ทำการศึกษาจะประกอบ ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุด
ที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

ปัจจัย	ระดับ		หน่วย	สัญลักษณ์	ผลตอบสนอง	
	ปัจจัย				ระยะหย่อน	ระยะหย่อน
	ต่ำ	สูง				
	(-)	(+)				
ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2	1	3	Rpm.	A	ของแผ่นแป้ง	ของแผ่นแป้ง
			(รอบต่อนาที)		ก่อนเข้า	ก่อนเข้า
ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 3	1	3	Rpm.	B	ลูกกลิ้งชุดที่	ลูกกลิ้งชุดที่
			(รอบต่อนาที)		2	3

หมายเหตุ ระดับปัจจัยอ้างอิงตามคู่มือผู้ผลิตเครื่องรีดแป้ง

ตารางที่ 3 การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^2 (2 replicates) ด้วย minitab 22

Design Table (randomized) Run Blk A B 1 1 - - 2 1 - + 3 1 - - 4 1 - + 5 1 + - 6 1 + - 7 1 + + 8 1 + +	Design Summary Factors: 2 Base Design: 2, 4 Runs: 8 Replicates: 2 Blocks: 1 Center pts (total): 0
--	--

สรุปผลการวิจัย

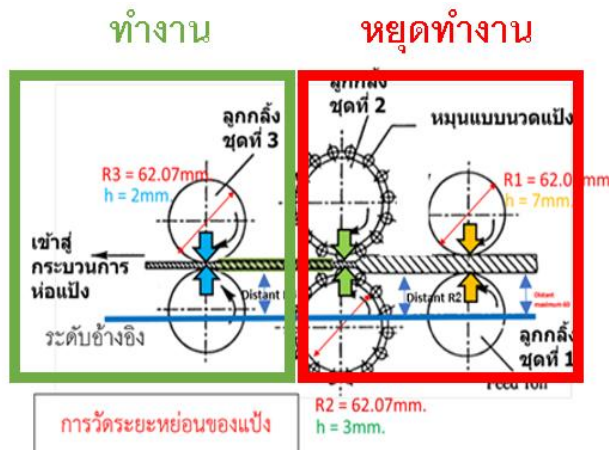
จากการวิเคราะห์ทั้งสองผลตอบสนองจะเห็นได้ว่า ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระยะหย่อนของแผ่นก่อนเข้าลูกกลิ้งชุดที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ โดยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการวัดแบ่งคือ ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 เท่ากับ 1 Rpm.(รอบ/นาที) และความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 3 เท่ากับ 1 Rpm. (รอบ/นาที)

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบการทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียลแบบเต็มจำนวน โดยมีจำนวนปัจจัย 2 ปัจจัย ได้แก่ A B ทำการทดลองที่ค่าระดับของปัจจัย 2 ระดับ (สูงและต่ำ) รวมเป็น 8 การทดลอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยมีค่าตอบสนองเป็นความสูงแบ่งลูกกลิ้งชุดที่ 2 จากระดับอ้างอิง จากตารางที่ 4. บันทึกผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราเร็วรอบของลูกรีดจะทำให้ระยะหย่อนแบ่งมีค่าสูงเมื่อวัดจากระดับอ้างอิง หมายถึงระยะหย่อนแบ่งมีค่าสูงแบ่งจะความตึงและเกิดการฉีกขาด แต่ถ้าระยะหย่อนแบ่งมีค่าต่ำแบ่งจะลดอัตราการเสี่ยงต่อการฉีกขาด แต่ถ้าระยะหย่อนแบ่งมีค่าต่ำมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซนเซอร์ (sensor) ตรวจสอบการหย่อนของแบ่ง เมื่อมีวัตถุสัมผัสกับเซนเซอร์ (sensor) การหย่อนของแบ่งจะส่งสัญญาณให้เครื่องจักรหยุดทำงาน (ส่วนที่หยุดทำงานคือลูกกลิ้งชุดที่ 2, ลูกกลิ้งชุดที่ 1 และสายพานลำเลียงก่อนลูกกลิ้งชุดที่ 1 ส่วนลูกกลิ้งชุดที่ 3 จะยังคงทำงานต่อไปเพื่อทำหน้าที่ดึงแบ่งส่วนที่หย่อนเพื่อส่งแบ่งที่รีดเข้าสู่กระบวนการปั่น) แสดงในรูปที่ 5

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกผลการทดลองระยะหย่อนของแผ่นแบ่งก่อนเข้าลูกกลิ้งชุดที่ 2,3

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	response	
						Distant R2	Distant R3
5	1	1	1	1	1	30	32
3	2	1	1	1	3	31	55
1	3	1	1	1	1	32	33
7	4	1	1	1	3	33	52
6	5	1	1	3	1	50	30
2	6	1	1	3	1	48	32
8	7	1	1	3	3	51	48
4	8	1	1	3	3	52	50



ภาพที่ 5 รายละเอียดของชุดลูกกลิ้งเมื่อมีวัตถุสัมผัสกับเซนเซอร์ตรวจจับการหย่อนของแป้ง

วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะหย่อนของแผ่นแป้งก่อนเข้าลูกกลิ้ง 2,3 พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระยะหย่อนของแผ่นแป้งก่อนเข้าลูกกลิ้งชุดที่ 2 มีเพียงแค่ปัจจัยเดียวคือ ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 (A) ที่ค่า P-value 0.000 และมีสมการความสัมพันธ์เป็น (Regression Equation in Uncoded Units) $Distant R2 = 21.87 + 8.63 A + 0.13 B + 0.375 A*B$ แสดงในตารางที่ 5 และพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระยะหย่อนของแผ่นแป้งก่อนเข้าลูกกลิ้งชุดที่ 3 คือ ความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 2 (A) ที่ค่า P-value 0.047 และความเร็วรอบลูกกลิ้งชุดที่ 3 (B) ที่ค่า P-value 0.000 และมีสมการความสัมพันธ์เป็น (Regression Equation in Uncoded Units) $Distant R3 = 22.00 - 0.00 A + 11.25 B - 0.750 A*B$ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง Factorial Regression: Distant R2 versus A, B

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		40.875	0.451	90.69	0.000	
A	18.750	9.375	0.451	20.80	0.000	1.00
B	1.750	0.875	0.451	1.94	0.124	1.00
A*B	0.750	0.375	0.451	0.83	0.452	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.27475	99.09%	98.41%	96.37%

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
--------	----	--------	--------	---------	---------

Model	3	710.375	236.792	145.72	0.000
Linear	2	709.250	354.625	218.23	0.000
A	1	703.125	703.125	432.69	0.000
B	1	6.125	6.125	3.77	0.124
2-Way Interactions	1	1.125	1.125	0.69	0.452
A*B	1	1.125	1.125	0.69	0.452
Error	4	6.500	1.625		
Total	7	716.875			

Regression Equation in Uncoded Units

Distant R2 = 21.87 + 8.63 A + 0.13 B + 0.375 A*B

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ผลการทดลอง Factorial Regression: Distant R3 versus A, B

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		41.500	0.530	78.25	0.000	
A	-3.000	-1.500	0.530	-2.83	0.047	1.00
B	19.500	9.750	0.530	18.38	0.000	1.00
A*B	-1.500	-0.750	0.530	-1.41	0.230	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.5	98.86%	98.01%	95.45%

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	783.000	261.000	116.00	0.000
Linear	2	778.500	389.250	173.00	0.000
A	1	18.000	18.000	8.00	0.047
B	1	760.500	760.500	338.00	0.000
2-Way Interactions	1	4.500	4.500	2.00	0.230
A*B	1	4.500	4.500	2.00	0.230
Error	4	9.000	2.250		
Total	7	792.000			

Regression Equation in Uncoded Units

Distant R3 = 22.00 - 0.00 A + 11.25 B - 0.750 A*B

ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มอัตราการผลิตจะสามารถทำได้โดยการปรับส่วนผสมของโด เพื่อให้โดมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เพื่อโดมีความยืดหยุ่นมากขึ้นจะสามารถปรับขนาดพารามิเตอร์ของเครื่องรีดแบ่งได้เพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการผลิตโดยตรง

เอกสารอ้างอิง

- กูรอซีเยห์ ยามิรูเต็ง ซูไบด๊ะ หะยีวาเงาะ และภารดี พละไชย. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งขนมบัว(รายงานวิจัย). ยะลา, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์. (2554). *กลยุทธ์การออกแบบการทดลองสำหรับวิศวกรรม*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
- Totten, G. E., Funatani, K., & Xie, L. (2004). *Handbook of metallurgical process design*. Marcel Dekker, Inc.
- Dieter, G. E., Jr. (1988). *Mechanical metallurgy* (3rd ed.). McGraw-Hill Book Company.
- Rao, P. N. (2002). *Manufacturing technology*. Tata McGraw-Hill.
- Cynthia, V. (2021). *Methods of food preservation*. Food Preservation.
- <https://ziphacpp.com/food-processing/food-preservation.html>
- Wang, P., Jin, Z., & Xu, X. (2015). Physicochemical alterations of wheat gluten protein upon dough formation and frozen storage: A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 46, 189–198.