

Appropriate Parameter Elderly Food Fabrication by 3D Printing Technology

ปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปอาหารผู้สูงอายุด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ

Project Advisor

Associate Professor Wassanai Wattanutchariya, Ph.D.



Members



นาย ศุภกร ประภาเลิศ

580610547



นางสาวกชกร เรือการ

590610250

ที่มาและ ความสำคัญ

- ปัจจุบันประเทศไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยมีปริมาณมากขึ้นในทุก ๆ ปี ประเทศไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุตั้งแต่ปี 2560 เนื่องจากประเทศไทยมีจำนวนประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 17.1 และส่วนมากขาดสารอาหารประเภทโปรตีน
- จึงนำเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printer) ที่สามารถใช้พิมพ์อาหารประเภทสารให้ความหนืดได้ โดยการนำเอาสารอาหารประเภท โปรตีนไปผสมกับสารให้ความหนืดจะทำให้สามารถพิมพ์ขึ้นรูปอาหารที่มีรูปแบบที่เราต้องการได้และสามารถดึงดูดการรับประทานของผู้สูงอายุได้และอาจจะมีส่วนที่ส่งเสริมให้ผู้สูงอายุอยากรับประทานอาหารมากขึ้น





วัตถุประสงค์



เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยในการขึ้นรูปอาหารผู้สูงอายุด้วยการพิมพ์สามมิติ



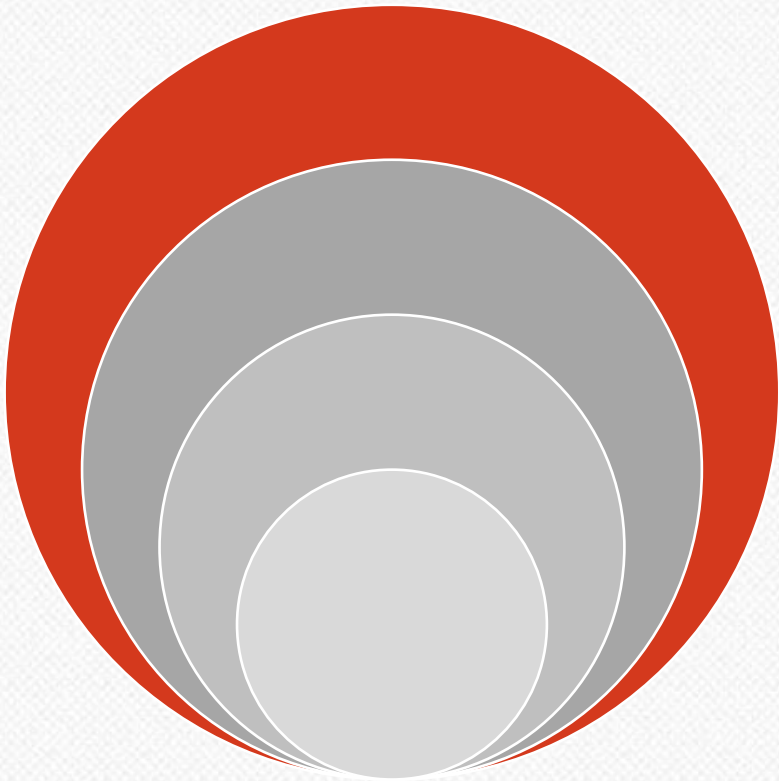
เพื่อพัฒนาอาหารสำหรับผู้สูงอายุให้สอดคล้องต่อการนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ



เพื่อประเมินคุณลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการพิมพ์ขึ้นรูปสามมิติ



ขอบเขตการศึกษา



- อาหารเหลวที่ศึกษาจะเลือกใช้วัตถุดิบ
1. จากโปรตีนซึ่งเป็นหมู่อาหารที่พบว่า
ผู้สูงอายุขาดเป็นจำนวนมาก
 2. คุณลักษณะที่ใช้ในการประเมินผลิตภัณฑ์อาหาร
สามมิติ คือความแน่นยำของรูปทรงและน้ำหนัก
ผลิตภัณฑ์



ขั้นตอนการดำเนินงาน

01

ศึกษาการพิมพ์
ขึ้นรูปจาก
เครื่องพิมพ์สาม
มิติ (3D Printer)

02

เก็บข้อมูลการ
ขาดสารอาหาร
จากผู้เชี่ยวชาญ

03

ศึกษาสูตร
อาหารสำหรับ
การพิมพ์ขึ้นรูป

04

การออกแบบ
การทดลองโดย
ใช้วิธีแบบ
แฟคทอเรียล 2^k



ขั้นตอนการดำเนินงาน





ผลการดำเนินงานวิจัย



ผลการดำเนินงานวิจัย

การคัดเลือกสูตรอาหารที่มีคะแนนมากที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ความพึงพอใจด้านรสชาติ (5)
2. ความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัส (5)
3. ความพึงพอใจระดับความหวาน (5)

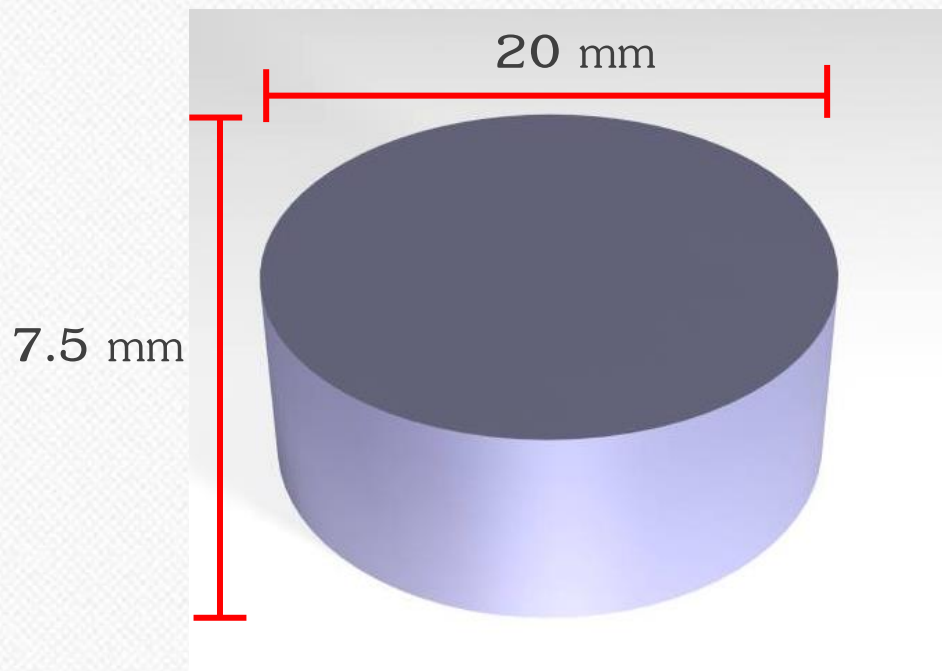
สูตรอาหาร	ส่วนผสม				คะแนนที่ได้
	น้ำ (กรัม)	แป้งแปรรูป (กรัม)	ผงโปรตีน (กรัม)	น้ำเชื่อม (กรัม)	
สูตรอาหารที่ 1	100	20	6.25	14	29
สูตรอาหารที่ 2	100	20	6.25	12	25
สูตรอาหารที่ 3	100	20	6.25	10	23
สูตรอาหารที่ 4	100	18	6.25	14	27
สูตรอาหารที่ 5	100	18	6.25	12	26
สูตรอาหารที่ 6	100	18	6.25	10	17
สูตรอาหารที่ 7	100	16	6.25	14	25
สูตรอาหารที่ 8	100	16	6.25	12	32
สูตรอาหารที่ 9	100	16	6.25	10	28

← มากที่สุด

*ประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และ ผู้สูงอายุจำนวน 7 คน



ผลการดำเนินงานวิจัย



ออกแบบจากโปรแกรม CATIA

เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 มิลลิเมตร
ความสูง 7.5 มิลลิเมตร

ปริมาตร = พื้นที่หน้าตัด x ความสูง
 $= \pi r^2 h$

$$= \pi \times 10^2 \times 7.5$$

$$= \underline{2,355 \text{ ลูกบาศก์มิลลิเมตร}}$$





ผลการดำเนินงานวิจัย



ผลการทดลองและวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ในแนวแกน X Y และความสูง

เส้นผ่านศูนย์กลางในแนวแกน X เฉลี่ย = 22.35 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางในแนวแกน Y เฉลี่ย = 22.30 mm
ความสูงเฉลี่ย = 6.65 mm

ลำดับการ ทดลอง มาตรฐาน	อัตราเร็วการพิมพ์ (มิลลิเมตรต่อวินาที)	อัตราการฉีด (สเตปต่อ วินาที)	ขนาดรูปทรง		
			เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		ความสูง (มิลลิเมตร)
			แกน X	แกน Y	
1	40	11.5	19.73	19.75	7.05
2	40	13.5	23.42	23.54	6.43
3	60	11.5	21.92	21.78	6.73
4	60	13.5	23.09	23.31	7.00
5	50	12.5	22.64	22.27	6.18
6	50	12.5	22.42	22.24	6.93
7	40	11.5	22.39	21.88	6.22
8	40	13.5	23.58	23.37	6.08
9	60	11.5	21.26	21.31	6.85
10	60	13.5	23.16	23.50	7.23
11	50	12.5	22.88	23.01	6.67
12	50	12.5	22.19	22.03	6.33
13	40	11.5	22.09	21.96	6.36
14	40	13.5	22.01	22.71	6.93
15	60	11.5	21.34	21.41	6.58
16	60	13.5	22.28	21.95	6.85
17	50	12.5	22.96	22.58	6.48
18	50	12.5	22.91	22.77	6.83



ผลการดำเนินงานวิจัย



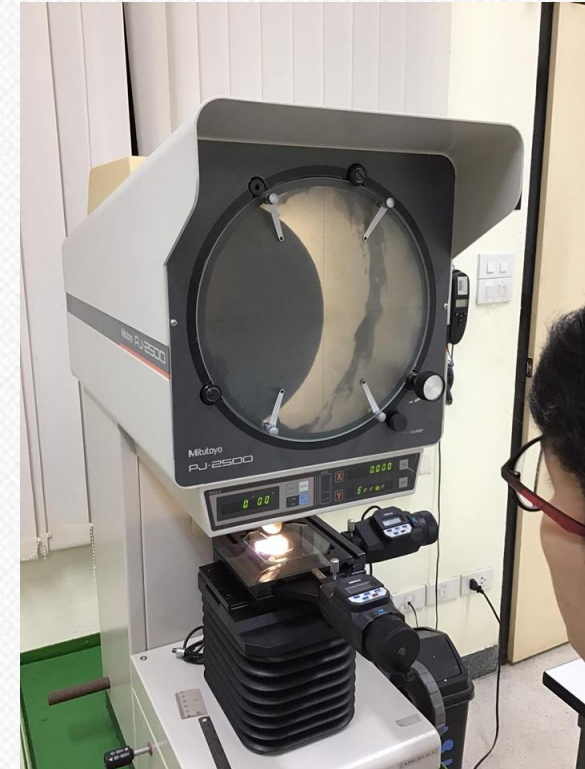
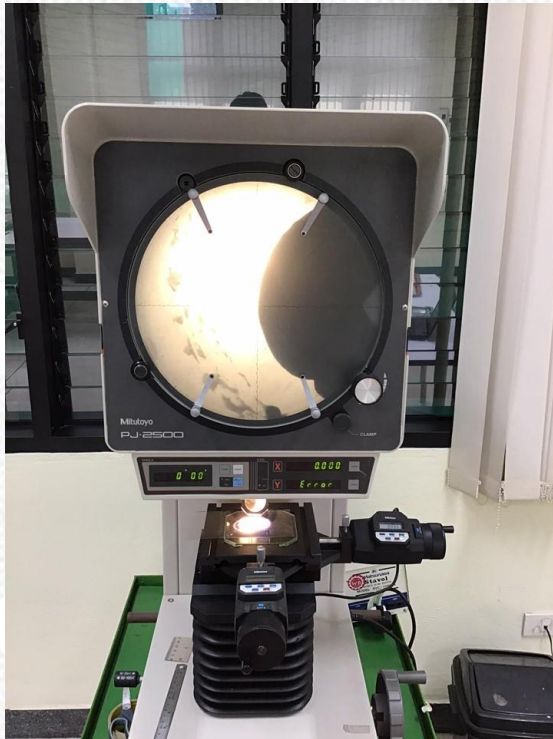
ผลการคำนวณหาปริมาตรที่ได้จากการทดลอง

ปริมาตรเฉลี่ย = 2,604.06 mm³
ปริมาตรในอุดมคติ = 2,355.00 mm³
ความคาดเคลื่อนเฉลี่ย = - 249.06 mm³

ลำดับการทดลองมาตรฐาน	อัตราเร็วการพิมพ์ (มิลลิเมตรต่อวินาที)	อัตราการฉีด (สเตปต่อวินาที)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ มิลลิเมตร)	ค่าความคาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)
1	40	11.5	2156.52	198.48
2	40	13.5	2784.19	-429.19
3	60	11.5	2520.97	-165.97
4	60	13.5	2956.15	-601.15
5	50	12.5	2447.31	-92.31
6	50	12.5	2712.52	-357.52
7	40	11.5	2390.72	-35.72
8	40	13.5	2631.56	-276.56
9	60	11.5	2434.98	-79.98
10	60	13.5	3087.55	-732.55
11	50	12.5	2756.56	-401.56
12	50	12.5	2430.38	-75.38
13	40	11.5	2421.89	-66.89
14	40	13.5	2720.50	-365.50
15	60	11.5	2358.78	-3.78
16	60	13.5	2628.44	-273.44
17	50	12.5	2637.18	-282.18
18	50	12.5	2796.91	-441.91



วิธีการวัดขนาดผลิตภัณฑ์

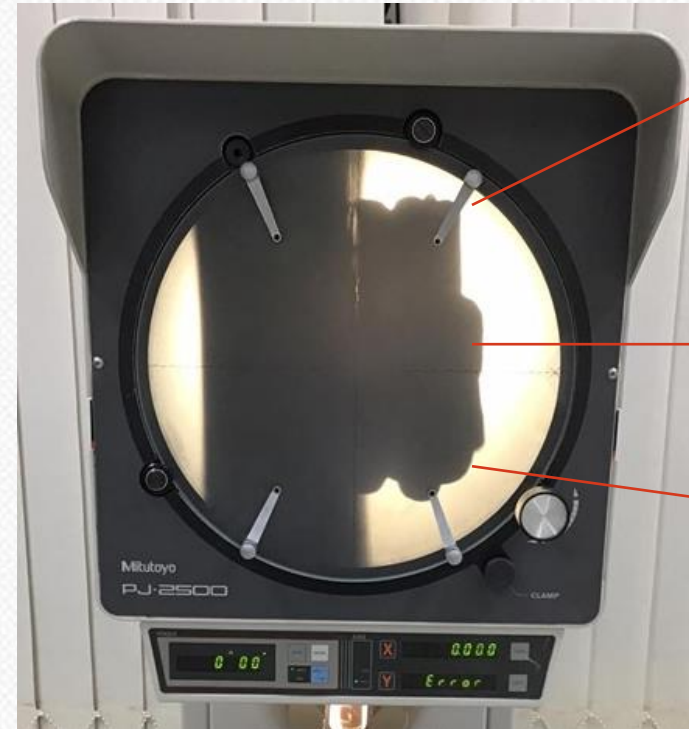
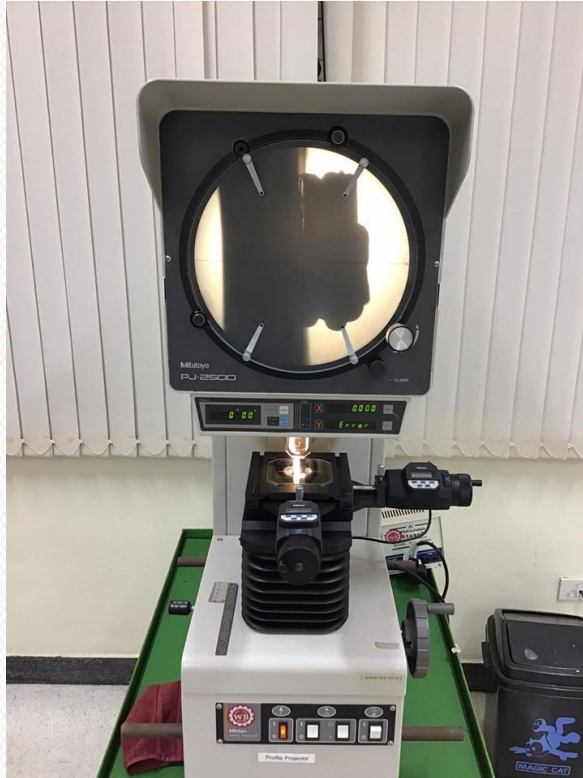


วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ในแนวแกน X และแนวแกน Y โดยใช้เครื่อง Profile Projector

หมุนเส้นตามแกนที่จะวัดแต่ละฝั่งซ้ายจากนั้น Set Zero ตามแนวแกนแล้วหมุนตามแกนไปทางขวาจนเส้นในจอแตะสุดขอบทางขวา



วิธีการวัดขนาดผลิตภัณฑ์

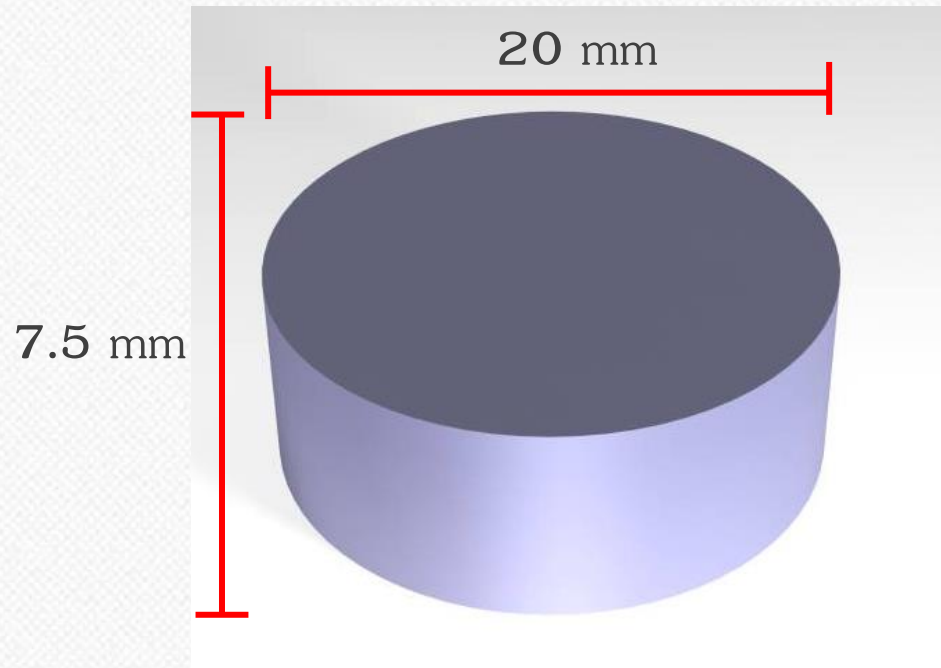


วัดความสูงของผลิตภัณฑ์ ใช้แนวแกน X โดยใช้เครื่อง Profile Projector

นำชิ้นงานติดกับแท่งเหล็กขนาดเล็กให้ตั้งฉากกับฐานรองชิ้นงานจากนั้นหมุนแกน X มาทำชิ้นงานทางด้านซ้ายแล้ว Set Zero และหมุนไปทางขวาให้เส้นในจอแตะขอบบน ตรงกลาง และ ขอบล่างชิ้นงาน แล้วนำทั้ง 3 จุดมาเฉลี่ยหาค่าความสูง



ผลการดำเนินงานวิจัย



คำนวณหาน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ = 0.0006276 กรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร

จากสูตร :

มวล = ความหนาแน่น x ปริมาตร

= 0.0006276 x 2,355

ดังนั้น = **1.48 กรัม**





ผลการดำเนินงานวิจัย



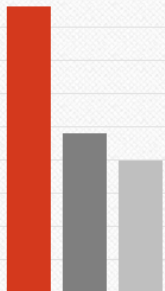
ผลการชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง

น้ำหนักเฉลี่ย = 1.64 g

น้ำหนักในอุดมคติ = 1.84 g

ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย = -0.16 g

ลำดับการทดลอง	อัตราเร็วการพิมพ์ (มิลลิเมตรต่อวินาที)	อัตราการฉีด (สเตปต่อวินาที)	น้ำหนัก (กรัม)	ค่าความคาดเคลื่อน (กรัม)
1	40	11.5	1.40	0.08
2	40	13.5	1.98	-0.50
3	60	11.5	1.52	-0.04
4	60	13.5	1.85	-0.37
5	50	12.5	1.66	-0.18
6	50	12.5	1.68	-0.20
7	40	11.5	1.39	0.09
8	40	13.5	1.84	-0.36
9	60	11.5	1.39	0.09
10	60	13.5	1.80	-0.32
11	50	12.5	1.73	-0.25
12	50	12.5	1.51	-0.03
13	40	11.5	1.46	0.02
14	40	13.5	1.77	-0.29
15	60	11.5	1.40	0.08
16	60	13.5	1.53	-0.05
17	50	12.5	1.66	-0.18
18	50	12.5	1.87	-0.39





วิธีการชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์



วัดน้ำหนักด้วยการใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
ชั่งน้ำหนักกระดาศที่มีขนาดเท่ากับกระดาศรองขึ้นงาน จากนั้นวัด
ขึ้นงานที่ติดกับกระดาศรอง และลบน้ำหนักของกระดาศรองออก



ผลการดำเนินงานวิจัย

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมมินิแทป



วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square) เป็นค่าที่ใช้บอกร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระในสมการถดถอย



การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ค่าความแปรปรวนของข้อมูลส่วนใหญ่นำไปใช้ในการวัดค่าการกระจายของข้อมูล



การสร้างพื้นผิวผลตอบแทน

วิธีพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology, RSM) เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติที่เป็นประโยชน์ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ปัญหาซึ่งแสดงผลตอบสนองต่อผลจากตัวแปรต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจุดหรือความเหมาะสมต่อผลนั้น RSM เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพกับกระบวนการที่มีความซับซ้อนทำให้ง่ายในการจัดการและการอธิบายผลเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น



ผลการดำเนินงานวิจัย

วิเคราะห์ความสัมพันธ์การตัดสินใจของนักท่องเที่ยว



Model Summary ของนักท่องเที่ยว

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.112187	73.66%	65.56%	49.63%

หมายความว่าตัวแปรอิสระ สามารถอธิบายความแปรผันหรือ
ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม **ได้ร้อยละ 73.66**



ผลการดำเนินงานวิจัย

วิเคราะห์ความสัมพันธ์การตัดสินใจของปริมาณ



Model Summary ของปริมาณ

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
152.614	66.65%	56.38%	36.01%

หมายความว่าตัวแปรอิสระ สามารถอธิบายความแปรผันหรือ
ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม **ได้ร้อยละ 66.65**



ผลการดำเนินงานวิจัย

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของน้ำหนัก



หมายความว่า อัตราการฉีด (Feed Rate) มีผลต่อน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ในเทอมกำลังสอง และเทอมของอันตรกิริยา ไม่มีผลต่อน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญ

น้ำหนัก

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	4	0.45763	0.11441	9.09	0.001
Linear	2	0.41722	0.20861	16.57	0.000
Print Speed	1	0.01021	0.01021	0.81	0.384
Feed Rate	1	0.40701	0.40701	32.34	0.000
Square	1	0.02200	0.02200	1.75	0.209
Print Speed*Print Speed	1	0.02200	0.02200	1.75	0.209
2-Way Interaction	1	0.01841	0.01841	1.46	0.248
Print Speed*Feed Rate	1	0.01841	0.01841	1.46	0.248
Error	13	0.16362	0.01259		
Total	17	0.62124			



ผลการดำเนินงานวิจัย

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาตร

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	4	605003	151251	6.49	0.004
Linear	2	595863	297932	12.79	0.001
Print Speed	1	64752	64752	2.78	0.119
Feed Rate	1	531111	531111	22.80	0.000
Square	1	6122	6122	0.26	0.617
Print Speed*Print Speed	1	6122	6122	0.26	0.617
2-Way Interaction	1	3018	3018	0.13	0.725
Print Speed*Feed Rate	1	3018	3018	0.13	0.725
Error	13	302783	23291		
Total	17	907786			

ปริมาตร



หมายความว่า อัตราการฉีด (Feed Rate) มีผลต่อปริมาตรอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ในเทอมกำลังสอง และเทอมของอันตรกิริยา ไม่มีผลตําน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญ



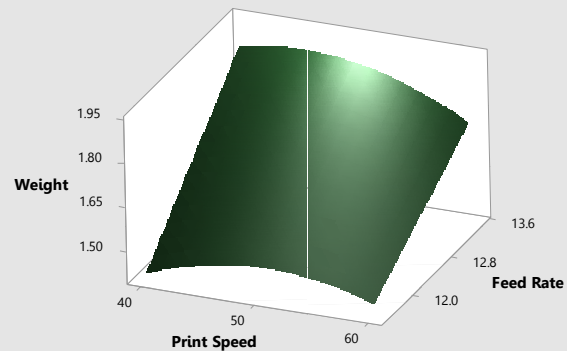
ผลการดำเนินงานวิจัย

การสร้างพื้นผิวผลตอบของน้ำหนัก

Regression Equation of Weight

$$\text{Weight} = - 4.77 + 0.1202 \text{ Print Speed} + 0.380 \text{ Feed Rate} - 0.000742 \text{ Print Speed} * \text{Print Speed} - 0.00392 \text{ Print Speed} * \text{Feed Rate}$$

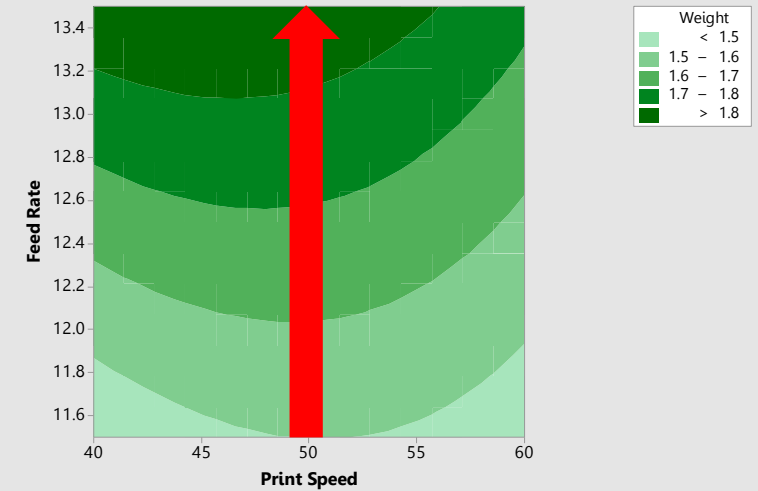
Surface Plot of Weight vs Feed Rate, Print Speed



Surface Plot of Weight



Contour Plot of Weight vs Feed Rate, Print Speed



Contour Plot Of Weight

กำหนดให้ Print Speed อยู่ระดับกลาง และ เมื่อ Feed Rate เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนัก **เพิ่มมากขึ้น**



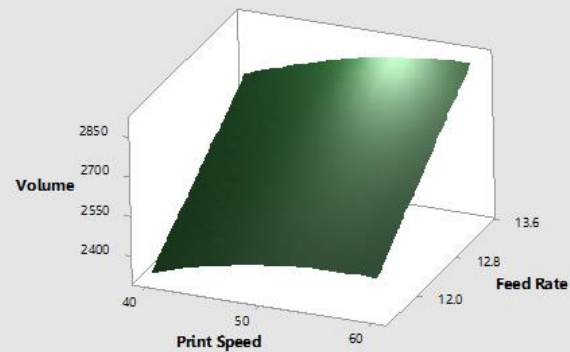
ผลการดำเนินงานวิจัย

การสร้างพื้นผิวผลตอบของปริมาตร

Regression Equation of Weight

$$\text{Volume} = -354 + 26.6 \text{ Print Speed} + 131 \text{ Feed Rate} - 0.391 \text{ Print Speed} * \text{Print Speed} + 1.59 \text{ Print Speed} * \text{Feed Rate}$$

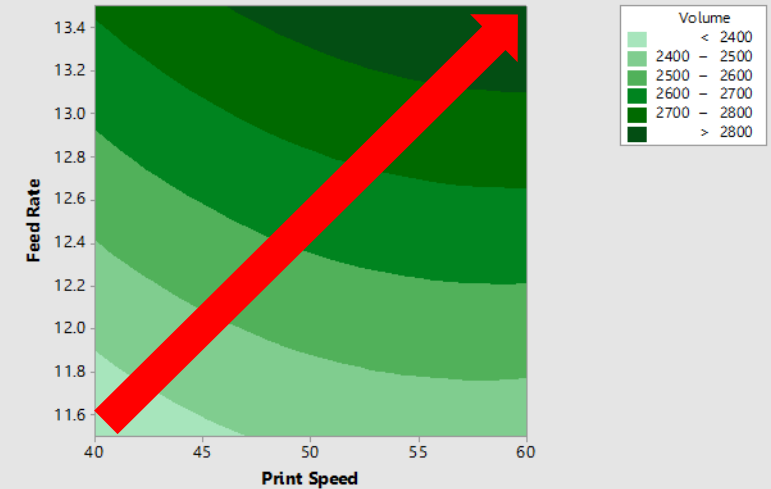
Surface Plot of Volume vs Feed Rate, Print Speed



Surface Plot of Volume



Contour Plot of Volume vs Feed Rate, Print Speed



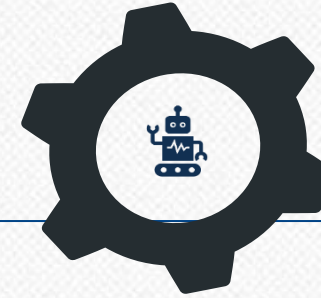
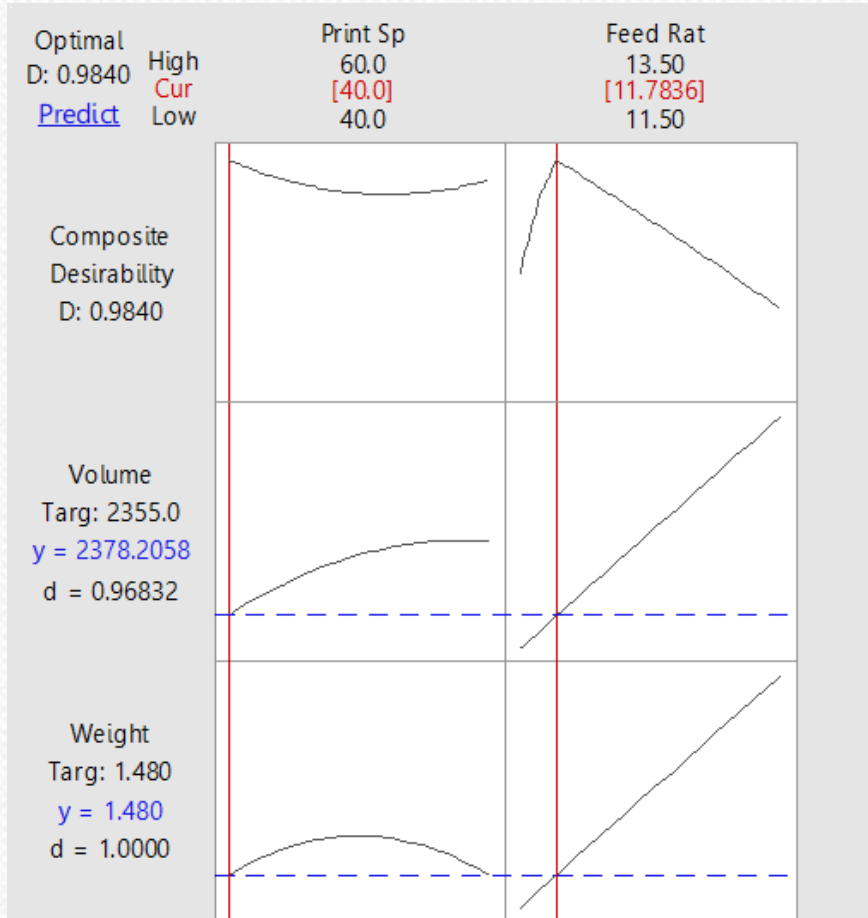
Contour Plot Of Volume

เมื่อ **Print Speed** และ **Feed Rate** เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาตร เพิ่มขึ้น



ผลการดำเนินงานวิจัย

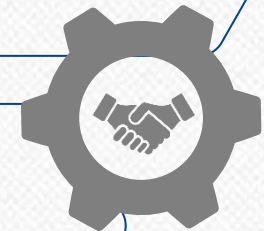
Optimization Plot



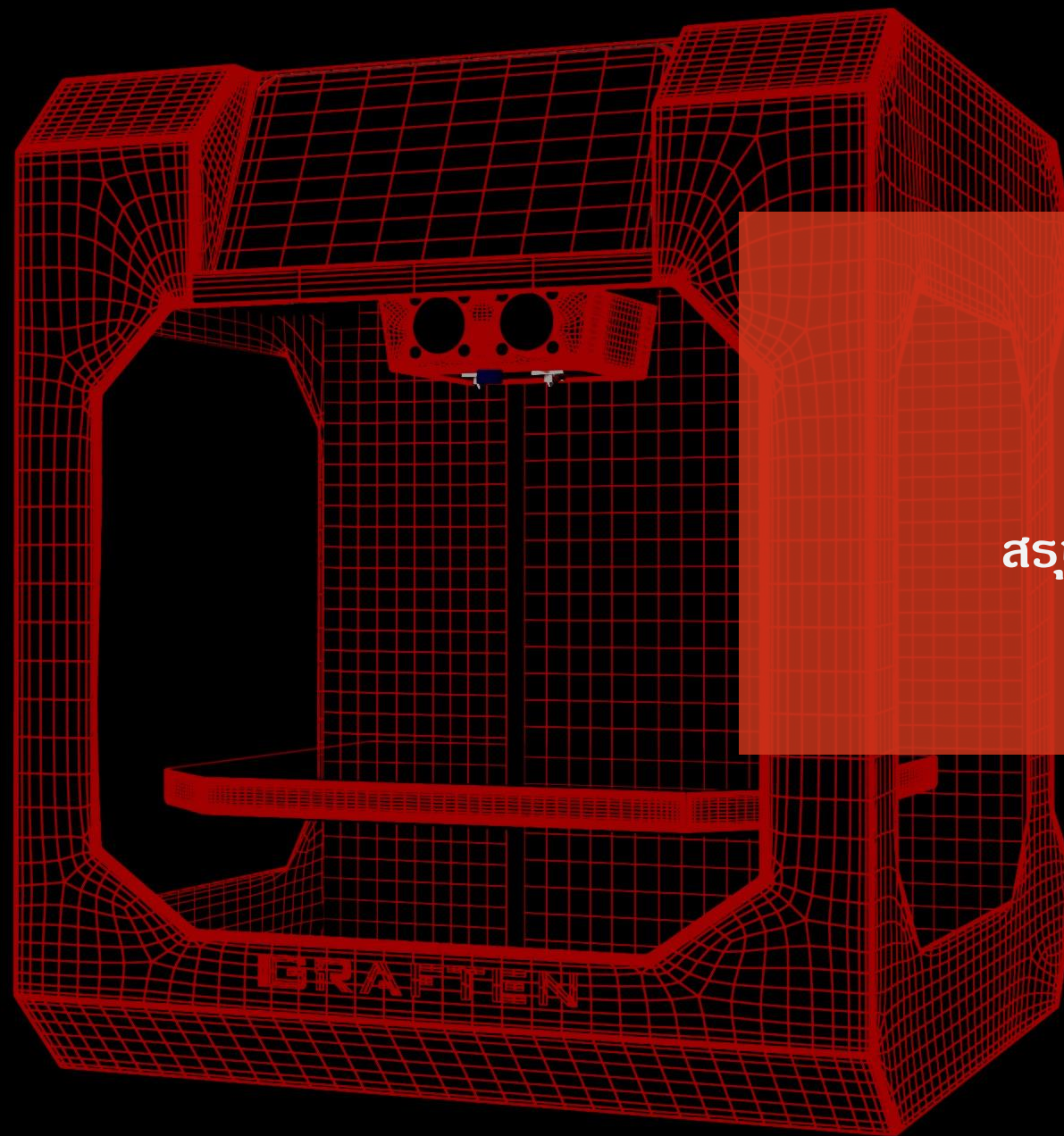
Composite Desirability มีค่าเท่ากับ **0.98**



Print Speed ที่เหมาะสม เท่า **40.00 มิลลิเมตรต่อวินาที**



Feed Rate ที่เหมาะสม เท่า **11.78 สเตปต่อมิลลิเมตร**



สรุปผลการทดลอง



สรุปผลการทดลอง



ปัจจัยด้านอาหารที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูป

น้ำ	100	กรัม
โปรตีน	6.25	กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	16	กรัม
น้ำเชื่อม	12	กรัม
สารปรุงแต่งกลิ่น	1	มิลลิลิตร

ปัจจัยด้านเครื่องพิมพ์สามมิติที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป

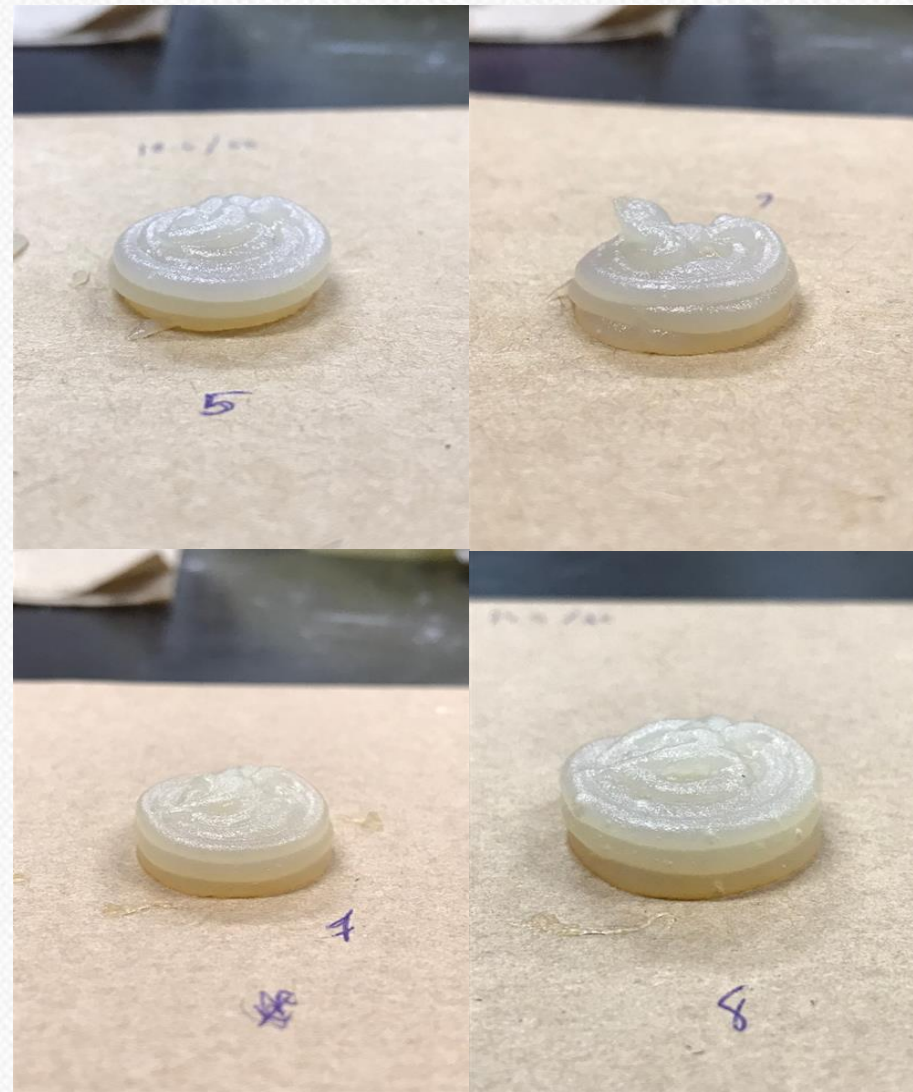
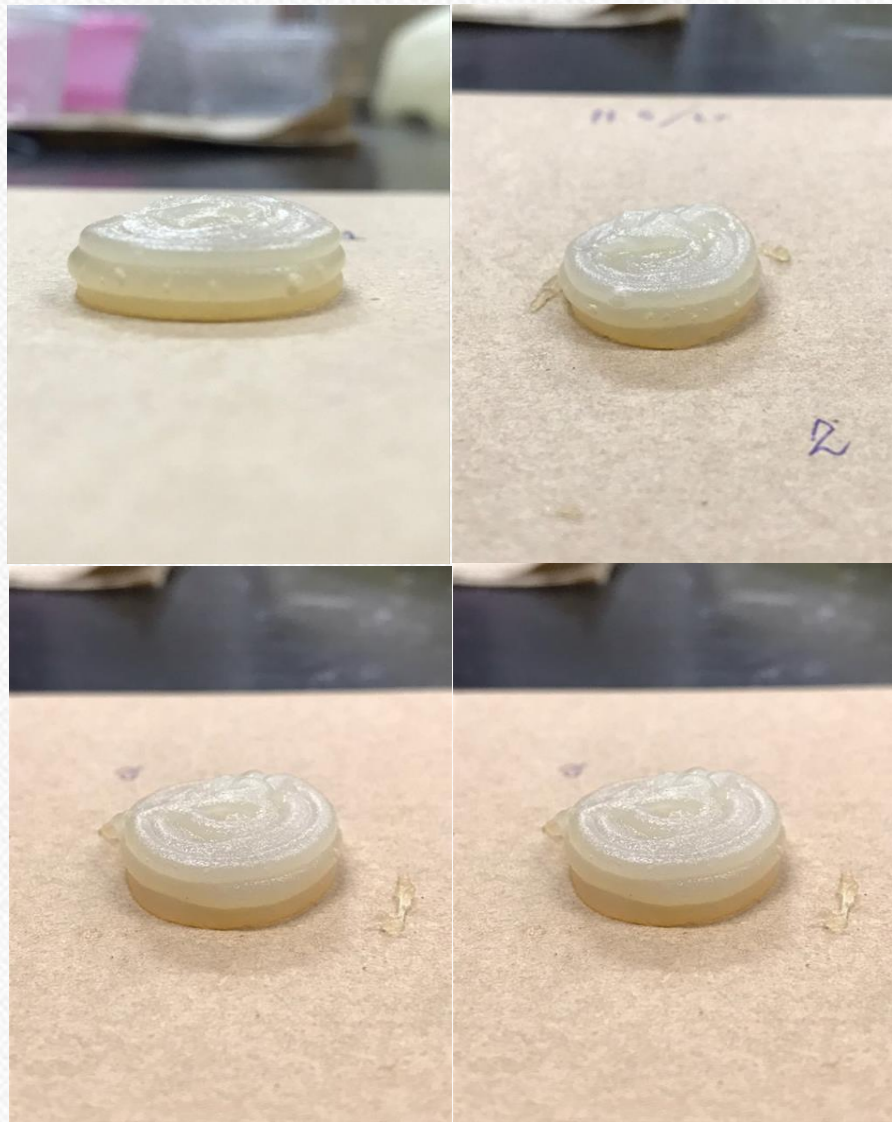
อัตราการฉีดขึ้นรูป	11.78	สเตปต่อมิลลิเมตร
อัตราเร็วการพิมพ์	40.00	มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปผลิตภัณฑ์หลังการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ

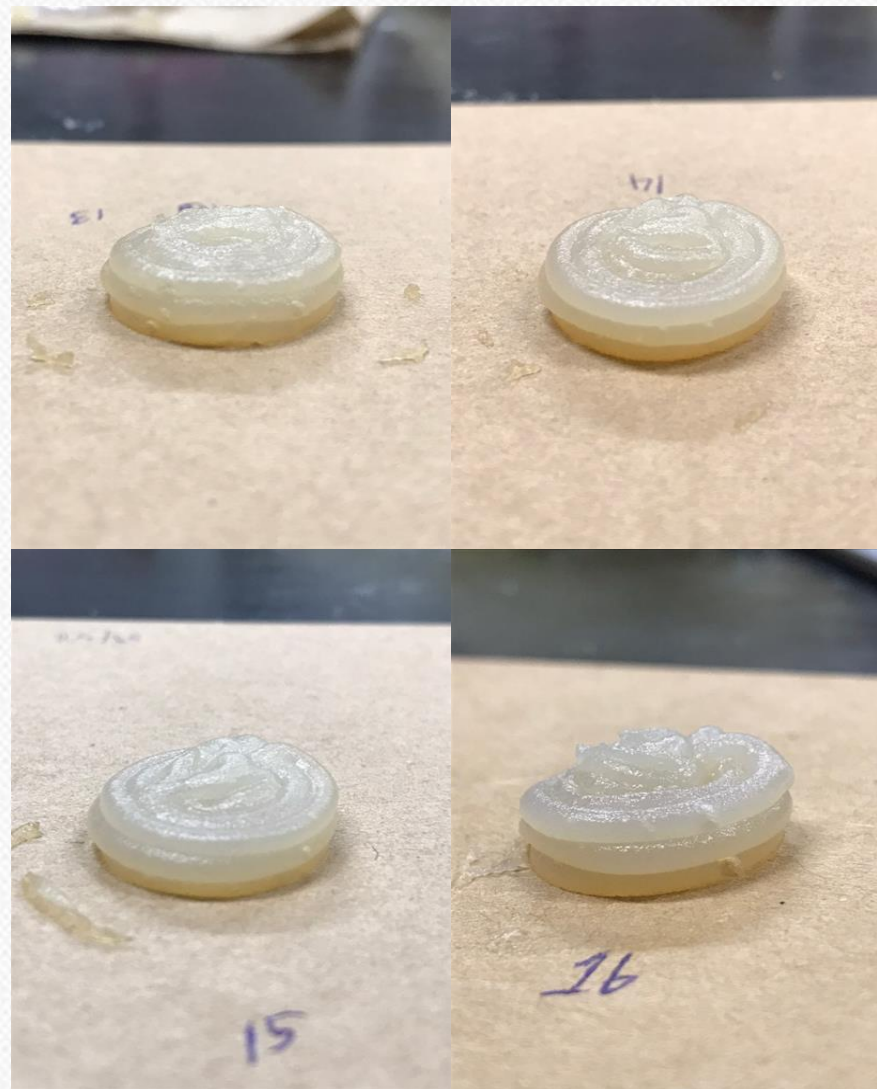
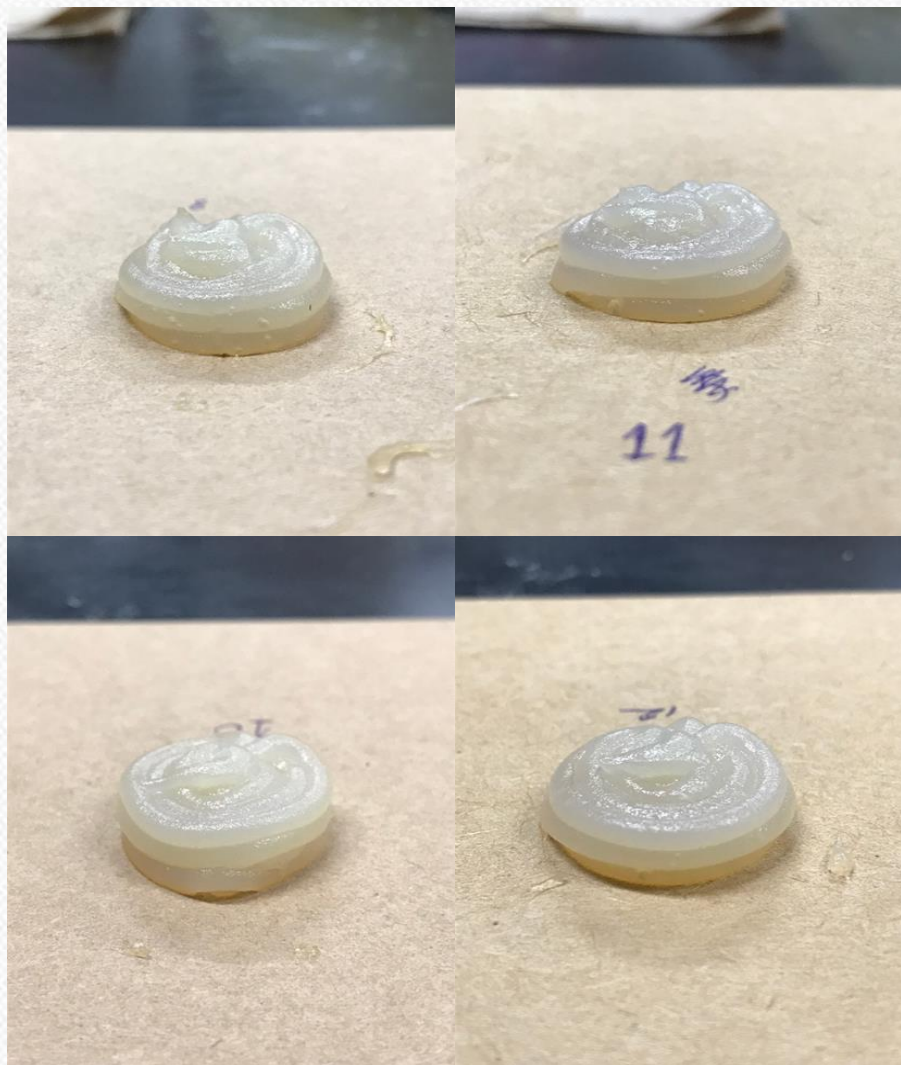


รูปผลิตภัณฑ์หลังการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ



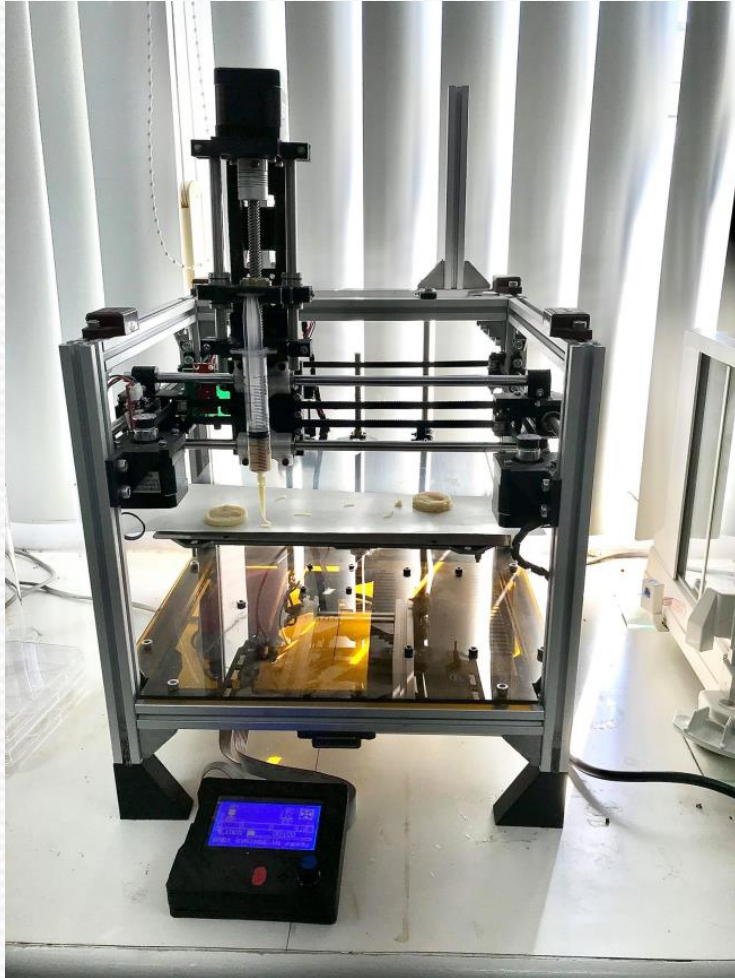


รูปผลิตภัณฑ์หลังการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ

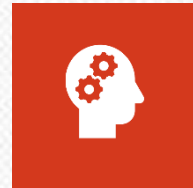




รูปเครื่องพิมพ์สามมิติ



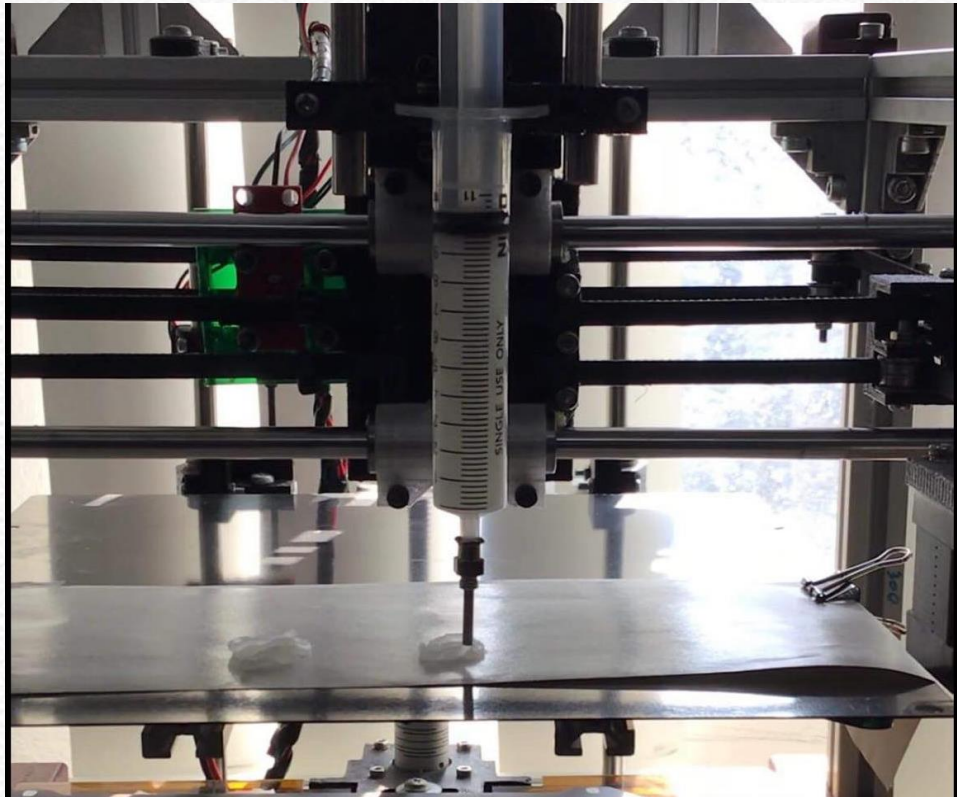
เครื่องพิมพ์สามมิติ



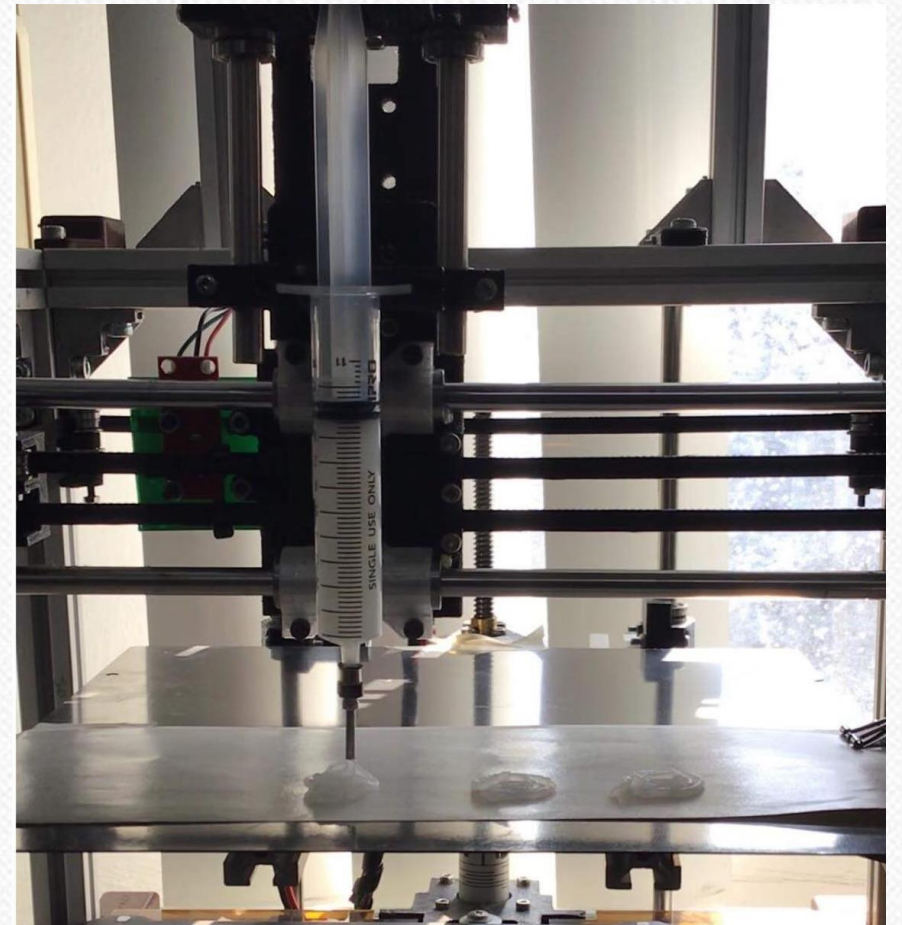
หน้าจอควบคุมเครื่องพิมพ์สามมิติ



รูปเครื่องพิมพ์สามมิติ



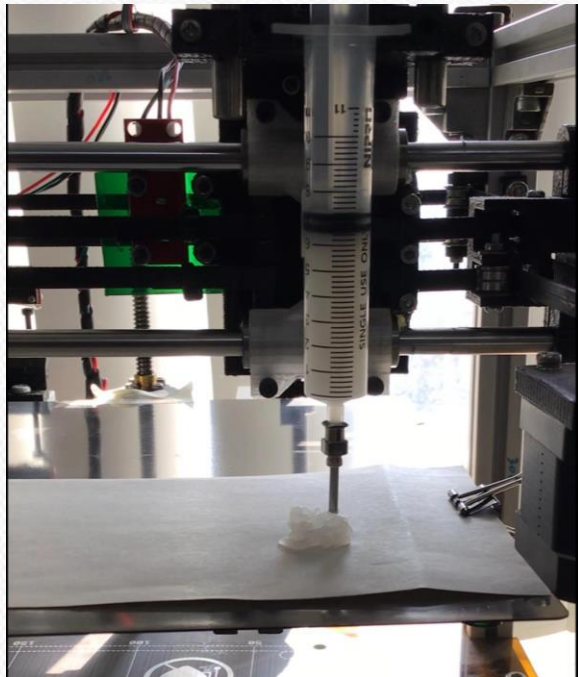
พิมพ์ชั้นที่ 1



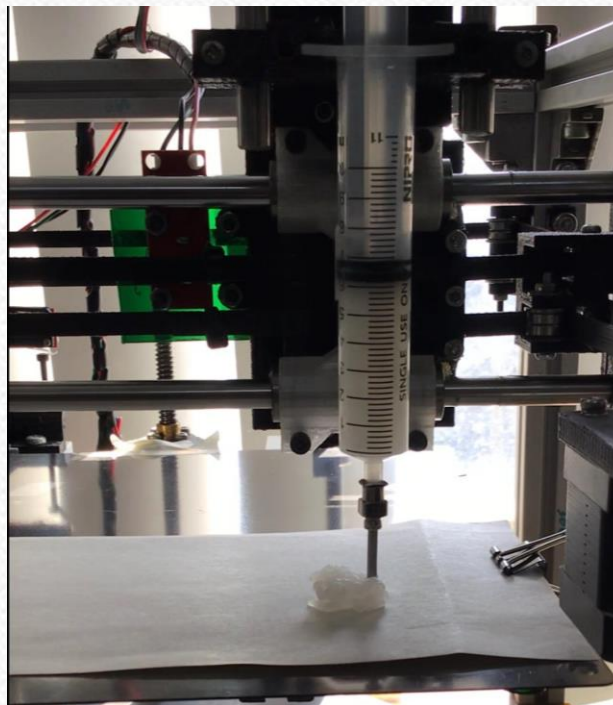
พิมพ์ชั้นที่ 2



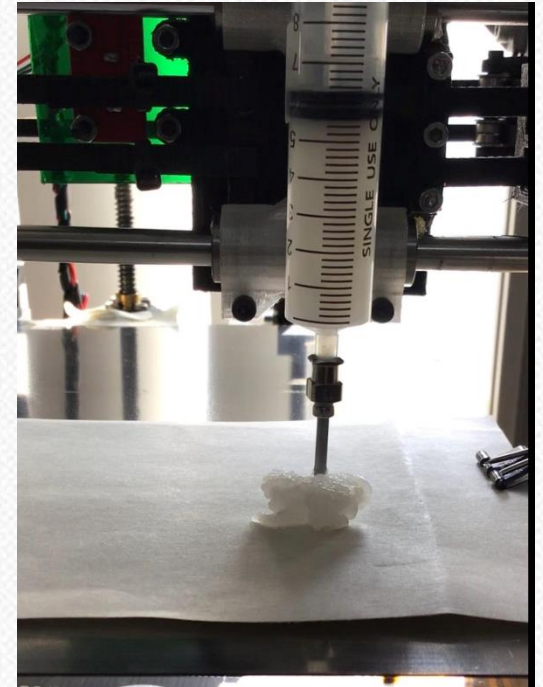
รูปเครื่องพิมพ์สามมิติ



พิมพ์ชั้นที่ 1



พิมพ์ชั้นที่ 2



พิมพ์ชั้นที่ 3



รูปผลิตภัณฑ์หลังการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้ค่าที่ดีที่สุดของการทดลอง

