



การออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์กวนผสมขนาดเล็ก สำหรับวิสาหกิจชุมชนใน
จังหวัดอุดรดิตถ์

Designing and development of small mixing stirrer prototype for local
community in Uttaradit province.

พงษ์ธร วิจิตรกุล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

ชื่องานวิจัย : การออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์กวนผสมขนาดเล็ก สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัด
อุตรดิตถ์

ชื่อผู้วิจัย : พงษ์ธร วิจิตรกุล

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์กวนผสมขนาดเล็ก สำหรับวิสาหกิจชุมชน
ในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยทางผู้วิจัยมีความตั้งใจออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้กวนผสมแป้งและส่วนผสมอื่น ๆ ใน
การผลิตขนมปังอบ และเพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดการนำไปใช้ในวิสาหกิจชุมชนในประเทศไทยได้

การออกแบบเครื่องกวนผสมแป้งอาศัยข้อมูลจากวิสาหกิจชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่ จังหวัดอุตรดิตถ์
และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำมาพัฒนาเพื่อความเหมาะสมกับกำลังการผลิตที่วิสาหกิจชุมชนต้องการ โดย
เครื่องกวนผสมแป้งสามารถสร้างแรงบิดได้ 72 นิวตัน.เมตร จากมอเตอร์ 2 แรงม้าที่ใช้เป็นต้นกำลัง และถึง
ผสมมีปริมาณ 30 ลิตร และสามารถสร้างกำลังการผลิตได้ 10 - 12 กิโลกรัมต่อวัน มีรอบเดินเบา 15 รอบต่อ
นาที และมีรอบการทำงานที่ 185 รอบต่อนาที จากนั้นได้ทำการทดสอบเครื่องกวนผสมแป้งเปรียบเทียบกับ
เครื่องกวนผสมทั่วไป พบว่าสามารถลดเวลาการพักตัวของยีสน์จาก 20 นาที ลงเหลือ 15 นาที โดยวิธีการวัด
การขยายตัวของแป้งจะวัดที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ขยายตัวจนถึงขนาด 12 เซนติเมตร
จากนั้นทำการวัดคุณภาพแป้งขนมปังหลังจากการอบที่อุณหภูมิ และเวลาตามปกติที่ใช้ในการอบ พบว่าค่าเม็ดสี
สีจากมาตรฐาน CIE L*a*b ของขนมปังมีค่า L (60.266 - 64.044), a (-2.412 - -0.174) และ b (23.230 -
28.911)

คำสำคัญ : แป้งขนมปัง, ระยะเวลาพักตัวของยีสน์, ค่าเม็ดสี

ABSTRACT

This research aims to design and development of a prototype of small bread mixer machine for local community in Uttaradit province. The researcher designed and developed with the intention this machine to use a mixture of flour and other ingredients in the production of bread and guideline for use in other local community in Thailand.

The design of the bread mixer is based on data from Ban Khlong Huai Phai community in Uttaradit and other research, that is related this research. Then, developed to be suitable for production capacity, that community needs. Which the bread mixer can generate torque about 72 N.m from 2 horsepower motor, that use for power unit. The mixing tank has volume of 30 liters and can produce 10 - 12 kilograms per day, has 15 rpm in open mode and 185 rpm in work mode. In efficiency study process is compare this machine and general. It was found that the yeast fermentation time could be reduced from 20 minutes to 15 minutes. Measuring the flour growth, that is measure at a diameter of 5 centimeters, expanded to 12 centimeters. In measuring the quality of bread after bake at temperature and the usual time. It was found color measurement in CIE L*a*b standard of bread were L (60.266 - 64.044), a (-2.412 - -0.174) and b (23.230 - 28.911)

Key word: bread flour, yeast fermentation time, color measuring

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากทางหลายภาคส่วนคือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และวิสาหกิจชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่
คณะผู้ทำการวิจัยต้องขอขอบพระคุณ ผู้ที่มีอุปการคุณดังที่กล่าวมาไว้ ณ โอกาสนี้อย่างยิ่ง



(พงษ์ธร วิจิตรกุล)
หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ผลกระทบจากขนมปัง	4
2.2 การออกแบบเครื่องจักรกล	11
2.3 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	22
3.1 การออกแบบเครื่องผสมแป้ง	24
3.2 การทดสอบเครื่องผสมแป้ง	25
บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล	27
4.1 ผลการออกแบบเครื่องผสมแป้ง	27
4.2 การทดสอบการใช้เครื่องผสมแป้ง	29
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ บรรณานุกรม	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหางานวิจัย

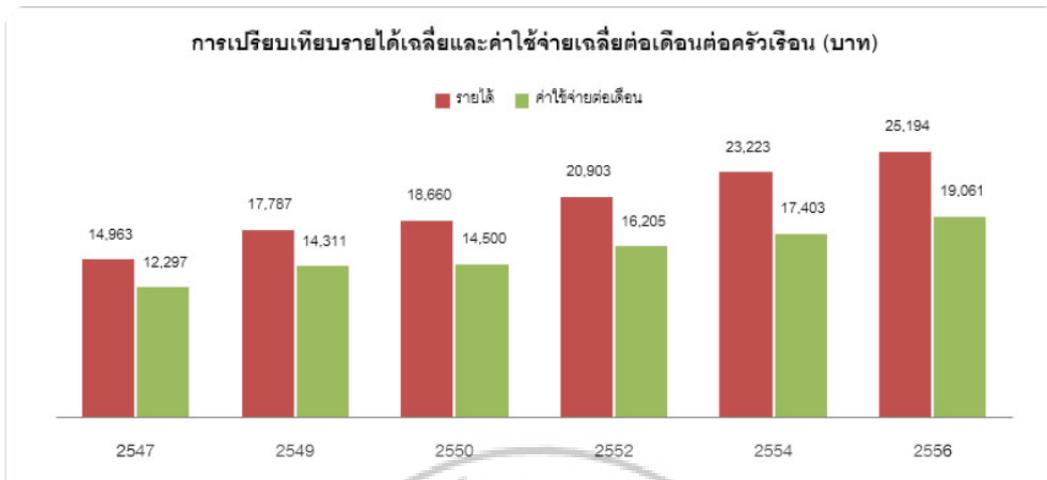
ในปัจจุบันการแข่งขันทางเศรษฐกิจเป็นที่สนใจทั้งในภาครัฐ และภาคเอกชน เนื่องจากประเทศไทย เป็นประเทศที่กำลังพัฒนา จึงจำเป็นต้องมีธุรกิจที่หลากหลายและยั่งยืน และสำหรับธุรกิจอาหาร หรือขนม หวาน นับเป็นธุรกิจที่เป็นที่นิยมทั้งประชาชนที่ต้องการก่อตั้งธุรกิจเป็นของตนเองและประชาชนที่ต้องการ บริโภค ทำให้ธุรกิจอาหาร และขนมหวานเติบโตอย่างรวดเร็ว

ธุรกิจขนมหวานในประเทศไทยมีการแข่งขันที่สูง มีร้านขนมหวานประเภทต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ส่งผลกระทบต่อตลาดร้านขนมหวานเดิม หรือแม้กระทั่งวิสาหกิจชุมชนที่ประกอบ ธุรกิจขนมหวาน เดิมที่หลายคนติดภาพเก่าๆ ว่าร้านขนมหวานคือร้านไอศกรีมและร้านแบเกอรี่ เนื่องจาก ผู้บริโภคบางส่วนมีการเปลี่ยนไปรับประทานของหวานในแบบใหม่ที่หลากหลายขึ้น ทำให้ในช่วง 9 ปีที่ผ่านมา ร้านขนมหวานแบบเก่าๆ ต้องปรับกลยุทธ์ทางการตลาดทั้งรูปแบบเมนู ขนาด และโปรโมชั่นส่งเสริมการขาย เข้ามาร่วมมากขึ้น และทิศทางของตลาดขนมหวานส่วนหนึ่งมาจากเทรนด์คล้ายธุรกิจแฟชั่นต้องมีการ ปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ตลอดเวลา ซึ่งหากแบรนด์ไหนสามารถอยู่ได้นานถึง 2 ปี นั้นแปลว่าสามารถอยู่ในตลาด เมืองไทยได้

THB Million	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Chips/Crisps	5650.9	6018.2	6319.1	6666.7	7046.7	7469.5
Extruded Snacks	6951.4	7403.2	7810.4	8263.4	8759.2	9328.6
Fruit Snacks	532.2	569.5	604.8	650.1	702.1	761.8
Nuts	1811.3	1929.1	2044.8	2187.9	2363	2575.7
Popcorn	356.4	372.5	385.5	400.9	410.9	441.8
Pretzels	-	-	-	-	-	-
Tortilla/Corn Chips	731.3	771.5	810.1	852.2	897.4	946.7
Other Sweet and Savoury Snacks	5292.7	5874.9	6403.6	7044	8311.9	9974.3
Sweet and Savoury Snacks	21326.2	22938.8	24378.3	26065.3	28491.2	31498.3

ภาพที่ 1.1 ตารางข้อมูลค่าตลาดขนมหวานและขนมชนิดอื่น ๆ ในประเทศไทยระหว่างปี 2552-2557 (หน่วย : ล้านบาท)
ที่มา : sweet and Savoury Snacks in Thailand

แนวโน้มการเติบโตของธุรกิจอาหารในประเทศไทยจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับจ่ายใช้สอย ของผู้บริโภค และการปรับตัวของผู้ประกอบการต่อการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมของผู้บริโภคเป็นหลัก และมีแนวโน้มในการบริโภคอาหารที่รุ่งเรืองมากขึ้น ทั้งนี้ในประเทศไทยมีวิสาหกิจชุมชนหลายแห่งที่ประกอบ กิจการอาหารหวาน ขนมปัง ซึ่งมักจะพบปัญหาเกี่ยวกับกำลังการผลิตอยู่บ่อยครั้ง เช่น วิสาหกิจชุมชนในจังหวัด อุดรดิตถ์ที่ประกอบธุรกิจขนมหวานคุกกี้ ที่มีตลาดในการจำหน่ายสินค้ากว้าง แต่ไม่สามารถผลิตได้ตามความ ต้องการของตลาด ทำให้เสียโอกาสทางการค้าไป ซ้ำยังมีมาตรฐานการผลิตที่ไม่คงที่ ทำให้ไม่สามารถขยับขึ้น ไปขายในตลาดห้างสรรพสินค้าขนาดกลาง - ขนาดใหญ่ได้ กราฟเปรียบเทียบรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนในประเทศไทย



ภาพที่ 1.2 กราฟเปรียบเทียบรายได้เฉลี่ยและค่าใช้จ่ายต่อเดือนต่อครัวเรือน
ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ

เบเกอรี่แต่ละครั้งจึงลงทุนค่อนข้างสูง แต่ปัจจุบันนี้อุปกรณ์และส่วนผสมต่างๆสามารถหาได้ง่าย เบเกอรี่เองก็เป็นที่นิยมของผู้บริโภคจำนวนมาก เพราะรับประทานสะดวกซื้อ สามารถรับประทานแทนอาหารหลักบางมื้อได้ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่เร่งรีบ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในแต่ละวันจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการจะต้องใช้เครื่องทุ่นแรงช่วยในการทำเบเกอรี่ เมื่อใช้เครื่องทุ่นแรงสิ่งที่จะส่งผลตามมาคือเรื่องค่าใช้จ่ายในการผลิตก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เช่น ค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องผสมอาหารในการทำเบเกอรี่เป็นต้น เมื่อเริ่มใช้เครื่องผสมอาหารก็จะทำให้ค่าไฟฟ้าภายในร้านสูงขึ้นและนั่นคือสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตเบเกอรี่สูงขึ้นตามไปด้วย

เนื่องจากร้านเบเกอรี่หรือร้านขนมหวาน ต้องการความสะดวกรวดเร็ว และประหยัดพลังงานในการผสมส่วนประกอบของเบเกอรี่โดยไม่ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น และเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าในแต่ละวัน ดังนั้นทางนักวิจัยจึงต้องการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เครื่องผสมอาหารในการทำเบเกอรี่ เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในสถานประกอบการ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตเบเกอรี่ที่มีส่วนผสมหลากหลาย เช่น เนย ไข่ แป้ง น้ำตาล ฯลฯ ส่วนผสมเหล่านี้ก่อนจะมาเป็นเบเกอรี่ได้ต้องผ่านการกวน ตี ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้เครื่องทุ่นแรงประเภทเครื่องผสมอาหาร แทนการใช้แรงงานคน และอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการทำเบเกอรี่ เราจึงได้ทำสิ่งประดิษฐ์เครื่องผสมอาหารในการทำเบเกอรี่ เพื่อประหยัดพลังงานภายในร้าน

สถานประกอบการขนาดเล็ก หรือวิสาหกิจชุมชนที่ประกอบกิจการขนมหวาน ขนมปังจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาศักยภาพทางการตลาด ซึ่งคือกำลังในการผลิต เพื่อเพิ่มปริมาณสินค้าให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งกระบวนการผลิตที่มีส่วนสำคัญคือกระบวนการผสมแป้ง ซึ่งใช้เวลานาน อุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาดมีราคาสูง ทำให้สถานประกอบการและวิสาหกิจชุมชนไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างอุปกรณ์ต้นแบบใช้ผสมแป้งขนาดเล็ก
2. เพื่อนำไปใช้ในวิสาหกิจชุมชนแล้วได้คุณภาพที่เท่าเดิม หรือดีขึ้น (ค่าเมล็ดสี และกำลังการผลิต)

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้จะออกแบบต้นแบบเครื่องผสมที่ใช้ผสมแป้งทำขนมปัง
2. ส่วนผสมที่ใช้ในการผสมแป้งจะมีปริมาณ และอัตราส่วนตามสูตรของวิสาหกิจชุมชนทุกครั้ง ที่ทดสอบ ทดลอง
3. การวิเคราะห์ระยะพักตัวของขนมปัง (โดขนมปัง) จะใช้สถานที่เดียวกัน และมีค่าสภาพแวดล้อม เดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน
4. การวิเคราะห์ค่าเม็ดสีจะใช้วิธีการวิเคราะห์ L^*a^*b โดยกระบวนการอบจะใช้อุณหภูมิประมาณ 150 ± 5 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบ 35 นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. นักวิจัยได้ใช้องค์ความรู้และพัฒนาองค์ความรู้ จากการออกแบบต้นแบบเครื่องผสมแป้งขนาดเล็ก
2. วิสาหกิจชุมชนได้รับเครื่องผสมแป้งไปใช้แล้วสามารถเพิ่มกำลังการผลิต และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น มีกำลังการผลิตมากขึ้น

1.5 นิยามศัพท์

โดขนมปัง (Dough) คือ ขนมปังที่มีกระบวนการหมักตัวของยีสต์ (Baker Yeast) สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งจะหมักน้ำตาลให้ได้ คาร์บอนไดออกไซด์

แป้งสาลี คือ แป้งที่ใช้ทำขนมปังได้ดีผลิตจากเมล็ดข้าวสาลี ซึ่งในเมล็ดประกอบด้วย รำข้าว (Bran) จมูกข้าว (Germ) และเอนโดสเปิร์ม (Endosperm)

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลผลิตจากขนมปัง

การศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องผสมกวนแป้ง เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ประกอบอาหาร เพื่อเพิ่มคุณค่าโภชนาการ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับแป้ง และส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากผลผลิตทางการเกษตร โดยศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบการศึกษาวิจัยในหัวข้อดังนี้

2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ

แป้งสาลี

ไข่

น้ำตาล

ยีสต์

เนย

นม

2.1.2 รำข้าว

2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ

ขนมปังกรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมแป้งชนิดอื่น ไขมัน ยีสต์ ผงฟู และส่วนประกอบอื่น ๆ ในปริมาณที่เหมาะสม เช่น เกลือ น้ำตาล วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส นวดผสมให้เข้ากันจนได้ลักษณะตามต้องการ ทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ นำไปอบจนสุก

แป้งสาลี (Wheat Flour)

เป็นแป้งที่ใช้ทำขนมอบทุกชนิดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ที่ช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่ออบเสร็จแล้ว ไม่มีแป้งชนิดอื่น ที่นำมาใช้แทนกันได้ ถึงแทนกันได้คุณสมบัติจะไม่เหมือนแป้งสาลี (ทิพาวรรณ, 2540) สำหรับอุตสาหกรรมอาหารได้มีการนำแป้งสาลีมาใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติการเป็นเจลที่อุณหภูมิต่ำและการเกิดกลูเตนในก้อนโดซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแป้งสาลีสามารถกักเก็บอากาศไว้ได้ และให้ความพองตัวในผลิตภัณฑ์หลังการอบ ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ เค้กขนมปัง เป็นต้น (กล้าณรงค์และเกื้อกุล, 2546) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ กลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดีน (Gliadin) ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า “กลูเตน” (Gluten) มีลักษณะเป็นยางเหนียวยืดหยุ่นได้ กลูเตนนี้จะเป็นตัวเก็บอากาศเอาไว้ ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์และจะเป็นโครงสร้างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ (จิตรนาและอรอนงค์, 2539)

ไข่

การทำผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนมากจะใช้ไข่ไก่ และใช้ในลักษณะไข่สด ไข่ที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่จะใช้ไขขนาดกลาง น้ำหนักประมาณ 50 กรัม/ฟอง (ทิพาวรรณ, 2540) ซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 77 โดยไข่ไก่มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ด้วยกัน ได้แก่ เปลือกไข่ร้อยละ 9-12 ไข่ขาวร้อยละ

55-60 และไข่แดง ร้อยละ 29-34 (Bennion and Bamford, 1997) องค์ประกอบทางเคมีของไข่ทั้งฟอง ไข่แดง และไข่ขาวนั้น ไข่ขาวจะมีน้ำมากที่สุด ขณะที่ไข่แดงมีน้ำน้อยที่สุด สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ จะมีไข่แดงมากกว่าไข่ขาวยกเว้นน้ำตาลและแร่ธาตุบางชนิด จึงกล่าวได้ว่าไข่แดงให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าไข่ขาว และไข่ทั้งฟอง ดังนั้นการเลือกใช้ไข่ชนิดใดควรคำนึงถึงองค์ประกอบในไข่นั้น โดยเฉพาะปริมาณน้ำและไขมัน ซึ่งแตกต่างกันชัดเจนจะมีผลต่อความสมดุลของสูตรได้ นอกจากนี้เมื่อนำไข่แต่ละส่วนไปใช้ในส่วนผสมของเค้กแต่ละชนิด ก็จะมีผลต่อการขึ้นฟูของเค้กแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการเก็บฟองอากาศไว้ภายในโครงสร้างของไข่แต่ละชนิด และเวลาที่ใช้ในการตีไข่ (อรอนงค์, 2532)

องค์ประกอบทางเคมีของไข่

องค์ประกอบทางเคมีของไข่ ได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีปริมาณและสัดส่วนแตกต่างกันในไข่ขาวและไข่แดง โปรตีนและไขมันส่วนใหญ่จะอยู่ในไข่แดง ในไข่ขาวจะมีไขมันอยู่น้อยมาก น้ำส่วนใหญ่จะอยู่ในไข่ขาว ส่วนคาร์โบไฮเดรตจะมีน้อยทั้งในไข่ขาว และไข่แดง

ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของไข่

องค์ประกอบทางเคมี	% ของน้ำหนัก	น้ำหนักต่อไข่ฟอง (กรัม)	น้ำ ร้อยละ	คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ	โปรตีน ร้อยละ	ไขมัน ร้อยละ	เถ้า ร้อยละ
ไข่ทั้งฟอง	100	60	65.5	0.3-2.0	11.8-13.4	10.5-11.8	10.8-11.7
ไข่แดง	31	18.7	48	0.2-2.0	15.17.5	31.8-35.5	1.0-2.0
ไข่ขาว	58	33	87.6	0.4-0.9	9.7-10.9	0.3	0.5-0.8
เปลือกไข่	11	6.6	2.6	-0.07	-3.2	-0.03	-95.1

ที่มา : ออบเชยและชนิษฐา, 2554

น้ำตาล (Sugar)

แหล่งของน้ำตาลส่วนใหญ่ผลิตมาจากหัวบีท (Sugar beet) นิยมใช้กันมากในแถบยุโรปและอ้อย (Sugar cane) ใช้กันมากในแถบเอเชีย โครงสร้างพื้นฐานของน้ำตาล คือ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) ได้แก่ กลูโคส (Glucose) และฟรุคโตส (Fructose) โดยมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่สูตรโครงสร้างต่างกันแล้วจัดเป็นโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharides) (Bennion and Bamford, 1997) ซึ่งมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีและมีรสหวาน ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีน้อยมากที่ไม่ได้ใส่น้ำตาลลงในส่วนผสม เนื่องจากน้ำตาลไม่ได้ให้ความหวานเพียงอย่างเดียว แต่ยังเป็นแหล่งอาหารยีสต์ในขั้นตอนการหมักโดด้วย (Matz, 1989) ทำให้เกิดมีความนุ่ม โดยเฉพาะในเค้กเพราะมีผลทำให้โปรตีนในแป้งอ่อนตัว, ทำให้คงความสด มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติในการเก็บความชื้นได้ดี และสามารถลดค่า water activity ได้มากขึ้น ทำให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวย ซึ่งเกิดจากกระบวนการ Caramelization และ Melard reaction ทำให้เกิดการคาราเมลขึ้นมา ช่วยในการตีครีม และตีไข่ให้มีความคงตัวและขึ้นฟู และเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์ได้ด้วย (จิตรณา และ อรอนงค์, 2532) ชนิดของน้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่ทั่วไปมี 3 ชนิด ได้แก่

น้ำตาลทรายขาว (Granulated sugar) เป็นน้ำตาลที่เป็นผลึกอาจทำจากอ้อยหรือหัวบีท ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกันโดยน้ำตาลทรายจะมีความละเอียดหลายขนาด ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ น้ำตาลทรายที่ใช้ได้ผลดีควรจะมีขนาดละเอียด และขาว เพราะจะผสมเข้ากับส่วนอื่น ๆ ได้ดี ถ้าน้ำตาลที่ใช้มีผลึกใหญ่และหยาบจะผสมเข้ากับเนยไม่ดี เพราะผลึกที่ใหญ่จะละลายไม่หมด และมักจะอยู่ในรูปเกล็ดผลึกของ

น้ำตาล จะไม่ละลายด้วยความร้อนจากเตาอบ ส่งผลให้ผลึกน้ำตาลเกิดเป็นจุดขึ้น นอกจากนั้นผลึกน้ำตาลทราย ที่หยาบจะขูดเอาดีบุกที่เคลือบเครื่องผสมที่ทำให้มีสีเทาเกิดขึ้นในผลึกน้ำตาล และจะยิ่งเป็นมากขึ้นถ้าเนยหรือไขมันที่นำมาตีกับน้ำตาลหยาบมีความเย็นมาก

น้ำตาลไอซิ่ง (Icing หรือ Confectionary sugar) เป็นน้ำตาลที่ได้จากการบดน้ำตาล ทรายขาวขนาด ธรรมชาติให้ละเอียด ร้อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดตามต้องการ แล้วเติมแป้งข้าวโพดลงไปด้วย ประมาณร้อยละ 3 ทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนหรือป้องกันการเป็นผลึกของน้ำตาล ส่วนมากใช้ในการ ทำไอซิ่งและผสม การทำแป้งเค้กสำเร็จรูป ความละเอียดของน้ำตาลชนิดนี้จะช่วยให้ผสมง่ายขึ้น

น้ำตาลทรายแดง (Brown sugar) เป็นน้ำตาลจากอ้อยยังไม่ได้ฟอกสีเท่ากับน้ำตาล ทรายจึงมีเกลือแร่ และวิตามินเหลืออยู่บ้าง น้ำตาลชนิดนี้ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้กลิ่นรส และสีของน้ำตาลทรายแดง

ยีสต์ (Yeast)

ยีสต์มีหน้าที่ช่วยเพิ่มปริมาณขนมปังทำให้เนื้อสัมผัสและโครงสร้างที่ดีทำให้ขนมขึ้นฟู และมีกลิ่นรส ที่เกิดจากการหมัก สามารถจำแนกยีสต์ได้ 3 ชนิด คือ

ยีสต์สด (Fresh yeast) อัดแน่นหรือห่อเป็นก้อนมีสีน้ำตาลอ่อนประกอบด้วยยีสต์ ร้อยละ 30 ความชื้นร้อยละ 70 โดยปริมาณ ต้องเก็บในอุณหภูมิที่ประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส ตลอดเวลา เก็บรักษาไว้ ไม่ได้นาน

ยีสต์แห้งชนิดเม็ด (Compressed yeast) เป็นยีสต์ที่อัดรวมกันเป็นเม็ด มีลักษณะเป็นเม็ดกลมเล็ก ๆ สีครีมมีความชื้น ค่าประมาณร้อยละ 5-8 เก็บในกล่องหรือถุงปิดสนิทเก็บได้นานหลายเดือน โดยเก็บในที่แห้ง และเย็น

ยีสต์แห้งสำเร็จรูป (Instant dry yeast) เป็นยีสต์บริสุทธิ์ที่ไม่มีสารอื่นเจือปน มีกำลังสูงในการทำให้อุ่น ใช้ในปริมาณน้อยกว่าชนิดที่ 2 ยีสต์สกัดชนิดผงมีคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย และมีอุตสาหกรรมที่ใช้ ยีสต์สกัด เช่น อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) เช่น ขนมปัง โดนัท เค้ก ครีวซอง เป็นต้น (Juhasz, 2001)

เนย (Butter)

เนยสด (Butter) องค์ประกอบของเนยสดส่วนใหญ่ ได้แก่ ไขมันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80, น้ำ ร้อยละ 16, แล็กโตส ร้อยละ 0.5 และเกลือ ร้อยละ 0.1-3.0 ซึ่งส่วนใหญ่นิยมเติมเกลือลงไปด้วย โดยมีปริมาณ อยู่ในช่วง ร้อยละ 0.5-2.5 (Bennion and Bamford, 1997; Matz, 1989) เนยสดจะมีสภาพยืดหยุ่นและตีเป็นครีมได้ไม่ ดี และมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำทำให้มีปริมาณต่ำ ไม่เหมาะในการทำเค้ก เนยซึ่งเป็นเค้กเนื้อหนัก แต่ เนื่องจากเนยสดมีกลิ่นรสที่ดีจึงมักผสมเนยขาวกับเนยสดอย่างละครึ่งเพื่อให้ได้เนื้อเค้กที่ดีจากเนยขาว และ กลิ่นรสที่ดีจากเนยสด ซึ่งการใช้แทนกันในแต่ละครั้งต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนยสดด้วย (จิตธนาและ อรอนงค์, 2539)

เนยขาว (Shortening) ทำมาจากไขมันวัว, ไขมันพืชต่าง ๆ เช่นในอเมริกานิยมใช้น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันฝ้าย ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต Vegetable Shortening แล้วนำมาเข้ากระบวนการเติมไฮโดรเจนที่ เรียกว่า Hydrogenate Fat ลักษณะที่ได้จะไม่มิกลิ่น สีขาวขุ่น ส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง นอกจากนี้ ยังมี shortening ในรูปแบบของเหลวและรูปแบบผงด้วย แต่รูปแบบผงจะมีประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำกว่าแบบ ของเหลวและของแข็ง (Matz, 1989)

นม

ช่วยให้เกิดโครงสร้าง, ความมัน, ความชุ่มชื้น, กลิ่นรส, สี และคุณค่าทางอาหาร นมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

นมสด (Whole milk) นมที่ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้วมีเนื้อมนมประมาณร้อยละ 10

นมข้นจืด หรือนมสดระเหย (Evaporation milk) เป็นนมสดที่นำมาระเหยน้ำออก บางส่วน มีเนื้อมนมอยู่ประมาณร้อยละ 26

นมผงได้จากนมสดที่นำมาระเหยน้ำออกเกือบทั้งหมดมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ ร้อยละ 5 ซึ่งนมผงนี้จะทำให้เค้กแห้งและแข็งในเวลาเดียวกัน เนื่องจากนมผงมีการเชื่อมกับโปรตีนในแป้งจึงทำให้เกิดการแข็งตัวขึ้น นอกจากนี้เนื้อมนมยังมีน้ำตาลแลคโตส ซึ่งช่วยให้เปลือกนอกของเค้กมีสีเกิดขึ้นกลิ่นรส ดีขึ้น และยังเป็นตัวเก็บความชื้นที่ดีอีกด้วย (จิตธนา และ อรอนงค์, 2539) ดังนั้นการเลือกใช้นมชนิดใดจึงควรคำนึงถึงปริมาณของแข็ง และของเหลวที่มีอยู่ในนม นั้น ๆ ด้วย เพื่อให้เกิดความสมดุลของสูตร

เกลือ

ประกอบด้วย NaCl ร้อยละ 99 ส่วนที่เหลือเป็นความชื้น คลอไรด์ และซัลเฟต อื่น ๆ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีรสเค็ม นอกจากนี้ยังมีเกลือที่เกิดจากกรด และเบสชนิดอื่นได้อีกซึ่งจะให้คุณสมบัติแตกต่างกันไปเมื่อนำมาใช้ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2539) โดยทั่วไปสูตรของผลิตภัณฑ์เบเกอร์ต่าง ๆ จะใช้เกลือประมาณร้อยละ 1-2.5 ของน้ำหนักแป้งเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดีช่วยให้เกิดสีของผลิตภัณฑ์และมีผลมากในการผลิตขนมปัง เนื่องจากทำให้กลูเตนแข็งแรงและยืดหยุ่นเหมาะสม อีกทั้งยังควบคุมระยะเวลาและอุณหภูมิของ การหมักได้นอกจากนี้ยังมีการใช้สารทดแทนเกลือ เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ สำหรับผู้บริโภคที่มีปัญหาด้านสุขภาพ เช่น ความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Matz, 1989)

2.1.2 รำข้าว

ที่มาของรำข้าว เมล็ดข้าวครบเมล็ด (Whole rice) หรือข้าวเปลือก ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นข้าวเปลือก (Hull) ประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ส่วนเยื่อสีน้ำตาลอ่อนที่หุ้มด้านในติดเมล็ดข้าว เรียก รำข้าว (Rice bran) ประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนัก และเป็นเมล็ดข้าวขาวประมาณร้อยละ 70 ของน้ำหนัก (นัยนาและเรวดี, 2545) ข้าวเปลือกเมื่อนำไปบริโภคจะผ่านกระบวนการสีเพื่อให้อยู่ในรูปข้าวสารก่อน การสีข้าวเป็นการนำเปลือกรำ และเชื้อพันธุ้ออกโดยให้มีข้าวสารหักน้อยที่สุด ขบวนการสีข้าวประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 4 อย่าง

1. ทำความสะอาดข้าวเปลือก (Cleaning paddy) เพื่อขจัดเมล็ดรีบเมล็ดวัชพืชดินหิน กรวด ทราญ และสิ่งสกปรกอื่นๆ ออก

2. กะเทาะข้าวเปลือกที่ทำความสะอาดแล้ว (Shellng clean paddy) ในขั้นนี้สิ่งที่แยก ออกมาคือ แกลบ (hull) และข้าวกล้อง (Brown rice)

3. การขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร (Scouring the brown rice) เมื่อนำข้าวกล้องไปขัดสิ่งที่ ได้คือ รำ (Bran) และข้าวสาร (Total milled rice)

4. การคัดข้าวสาร (Grading milled rice) คือการแยกข้าวสารออกเป็นข้าวเต็มเมล็ดและ ข้าวหัก ข้าวสารที่สีมาแล้ว (อบเชยและชนิษฐา, 2554)

รำข้าว เป็นผลผลิตพลอยได้จากการสีข้าว ซึ่งจะได้ประมาณร้อยละ 8-10 ของน้ำหนักข้าวเปลือก ขึ้นอยู่กับการขัดสีมากหรือน้อย ปัจจุบัน ข้าวไม่ขัดสี (ข้าวกล้อง) มีผู้นิยมบริโภคในประเทศมากขึ้น แต่ปริมาณข้าวขัดสีก็ยังมีปริมาณความต้องการมากกว่า เพราะเป็นผลผลิตส่งออก และนำไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ขนมปัง กรอบ ก๋วยเตี๋ยว/เส้นหมี่ และแป้งข้าวเจ้า เป็นต้น ถึงแม้ปริมาณรำข้าวที่ได้จากการขัดสีต่อน้ำหนัก

ของ ข้าวเปลือกมีไม่มากนัก แต่เมื่อคำนวณจากข้าวที่ผลิตได้ของทั้งประเทศ ก็ได้ปริมาณราช้าวมากเป็นจำนวนนับล้านตัน ประเทศไทยเป็นประเทศที่ปลูกข้าว และให้ผลผลิตข้าวเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากจีน อินเดีย อินโดนีเซียและบังกลาเทศ ปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ 21 ล้านตัน/ปี หลังผ่านกระบวนการขัดสี จะได้เป็นข้าวสาร 12.6 ล้านตัน/ปี และเป็นราช้าวประมาณ 2 ล้านตัน/ปี (นัยนาและเรวดี, 2545) ในกระบวนการสีข้าวนอกจากจะได้เมล็ดข้าวเป็นผลผลิตหลัก ยังมีผลผลิตพลอยได้ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการได้แก่ ราช้าว ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2557) คือ

ราช้าวละเอียด ส่วนที่ได้จากการขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร ซึ่งประกอบด้วยชั้นหุ้มเยื่อ เมล็ดส่วนใหญ่ซึ่งได้จากการกระบวนการสีข้าวได้จากการขัดขาวและขัดมันนอกจากนี้ราช้าวยังมีคุณค่าทางอาหารสูง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน โยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ต่าง ๆ ดังนั้นจึงนำราช้าวมาใช้ประโยชน์

ราช้ายาบ ซึ่งได้จากการกระบวนการสีข้าว จากการขัดผิวเมล็ดข้าว กล้องราช้ายาบมีส่วนผสม ของแกลบปน ซึ่งไม่มีคุณค่าทางอาหาร

องค์ประกอบทางเคมีของราช้าว

ราช้าวมีปริมาณไขมันร้อยละ 12-25 ของน้ำหนักราช้าว ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพ ในประเทศไทย ถ้าคิดประเมินว่านำราช้าวทั้งหมดมาสกัดเป็นน้ำมันราช้าว ไทยสามารถสกัดน้ำมันได้เฉลี่ยร้อยละ 15 ของน้ำหนัก จะได้น้ำมันราช้าวมากถึง 0.3 ล้านตัน/ปี แต่ปัจจุบันพบว่ามียังมีเพียงร้อยละ 15 ของราช้าวทั้งหมดเท่านั้นที่นำมาใช้สกัดน้ำมัน ทั้งนี้เพราะยังมีผู้ผลิตน้อยและศักยภาพของการผลิตยังไม่เต็มที่ส่วนใหญ่ของราช้าวจะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ (ร้อยละ 70 ของราช้าวทั้งหมด) อันที่จริงราช้าวที่สกัดไขมันแล้วจะได้กากราช้าวซึ่งยังคงมี คุณค่าอาหารเท่ากับราช้าว เพียงแต่มีปริมาณไขมันลดลง ซึ่งนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ดีเช่นกัน ปัจจุบันมีการคัดเลือก กากราช้าวที่มีคุณภาพ ไม่มีแบคทีเรีย รา และสารพิษ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นอาหารคน เช่น อาหารเครื่องต้มธัญพืช และผลิตภัณฑ์ขนม เป็นต้น ซึ่งเป็นอาหารที่มีจุดเด่น คือ มีไขมันน้อย และมีเส้นใยอาหารมาก เส้นใยอาหารใน ราช้าวเป็นชนิดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งดีต่อสุขภาพ จึงมีการสกัดแยกเส้นใยอาหารจากกากราช้าวในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใยอาหาร (นัยนาและเรวดี, 2545)

ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารและราช้าว

ส่วนของข้าว	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	เส้นใย (กรัม)	เถ้า (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)
ข้าวสาร	6.3-7.1	0.3-0.5	0.2-0.5	0.3-0.8	77-89
ราช้าวละเอียด	11.3-14.9	15.0-19.7	7.0-11.4	6.6-9.9	34-62
ราช้ายาบ	2.0-2.8	0.3-0.8	34.5-45.9	13.2-21.0	22-34

ที่มา : สุนทร, 2553

ใยอาหารในราช้าวต่อการต้านโรค ใยอาหารเป็นแหล่งหนึ่งของอาหารเสริมสุขภาพมีหน้าที่โดยตรงกับระบบทางเดิน และการย่อย อาหาร รวมทั้งระบบขับถ่ายในร่างกาย หากร่างกายได้รับปริมาณใยอาหารไม่เพียงพอจะทำให้ขาดสมดุลในระบบดังกล่าวเกิดอาการท้องอืดเฟ้อ จุกเสียด และอาการท้องผูก เป็นเหตุแห่งทุกข์กับผู้มีอาการดังกล่าวมาก หากปล่อยทิ้งให้อาการนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องยาวนานจะเกิดอาการโรคริดสีดวงทวาร และที่ร้ายแรงอาจถึงขั้นมะเร็งลำไส้ใหญ่ และมะเร็งทวารหนักก็ได้ ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ จะทำหน้าที่ช่วยขับเคลื่อนสารอาหารต่าง ๆ ที่ผ่านการเคี้ยวแล้วส่งผ่านระบบย่อยตอนบนโดยไม่ถูกย่อยยังคงสภาพเดิมจนถึงลำไส้ใหญ่ ใยอาหารนั้น จะรวมตัวกันเป็นมวลของอุจจาระ หากร่างกายได้รับใยอาหารในปริมาณเพียงพอจะช่วยเพิ่มปริมาณ และปรับให้อยู่ในลักษณะนิ่มช่วยให้ง่ายต่อการขับถ่าย ด้านอาการท้องผูก

ได้ และส่งผลช่วยต้านการเกิดโรคกรดไหลย้อน ทวาร และการเกิดเส้นเลือดของบริเวณปลายลำไส้ใหญ่ มวลอุจจาระที่มีปริมาณมาก และนี่จะช่วยใช้เวลาในการขับถ่ายดำเนินไปได้เร็วไม่เกิดการหมักหมมของกากอาหารในลำไส้ หากมีสารก่อมะเร็งหรือสารพิษชนิดอื่น ที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาร และปะปนอยู่ในกากอาหาร จะลดโอกาสการเข้าไปจับเนื้อเยื่อบุผนังลำไส้ช่วยต้าน การเกิดมะเร็ง โยอาหารชนิดละลายน้ำได้จะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดได้ รวมถึงการดูดซับน้ำตาลเข้าสู่กระแสโลหิตได้ด้วย การบริโภคอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะทำให้รู้สึกอิ่มอยู่ยาวนาน จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดน้ำหนักได้ โดยไม่บริโภคอาหารมากเกินไป การบริโภคอาหารที่มีสารประกอบแอรานิโนไซแลนเป็น องค์ประกอบจึงมีการศึกษาวิจัยลดขนาดโมเลกุลของสารดังกล่าวให้เล็กลงโดยการไฮโดรไลซ์บางส่วน (Partial hydrolyzed) ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพการต้านโรคได้หลายโรค เนื่องจากไบโอแบรินสามารถทำหน้าที่เร่ง และ เสริมระบบภูมิคุ้มกัน (Immune system) ของร่างกาย (สายสนม, 2551)

สารพฤกษเคมีในรำข้าว

อินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟต (IP6) เป็นสารประกอบตามธรรมชาติที่พบในโยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ยากต่อการถูกย่อย แหล่งที่พบมากได้แก่ เมล็ดพืชทั้งเมล็ด เช่น เมล็ดข้าวโพดจะมีปริมาณสูงประมาณร้อยละ 6 เมล็ดข้าวสาลีมีประมาณร้อยละ 2-3 ส่วนในเมล็ดข้าวพบบประมาณร้อยละ 2 แต่ถ้าในส่วนของรำข้าวมีรายงาน ว่าพบสูงถึงร้อยละ 9.5-14.5 อินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟตเป็นสารประกอบน้ำตาลกลูโคสที่มีหมู่ฟอสเฟตเกาะอยู่กับคาร์บอนทั้ง 6 ตำแหน่งมีสูตรทางเคมี $C_6H_{18}O_{24}P_6$ ตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีในสภาพอิสระจะละลายน้ำได้ไม่สามารถเก็บสะสมไว้ได้ในร่างกายจำเป็นต้องมีเข้าไปทดแทนโดยการบริโภคในรูปของอาหารให้เพียงพอ เพราะสารอินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบสำคัญของฟอสโฟลิปิดซึ่งประกอบขึ้นเป็นผนังเซลล์ในสมองตา ผนังลำไส้ และเซลล์ไขกระดูก นอกจากนี้ยังพบว่า IP6 มีส่วนในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคอเลสเตอรอล ไขมัน และแคลเซียมอีกทั้งยังมีส่วนสำคัญในการสร้างสารเลซิทินให้ร่างกาย

อินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟตกับการต้านโรค

1. จากผลงานวิจัยด้านนี้พบว่า สารอินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟตช่วยในการต้านโรคได้หลายโรค ดังนี้คือ ช่วยต้านการเกิดโรคนี้ในไต โดยเข้าไปปรับวงจรกระบวนการสร้างผนิค แคลเซียมออกซาเลต (Calcium oxalate) และยังพบว่าสารอินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟตช่วยลดโอกาสในการสร้างก้อนนิ่วในถุงน้ำดีได้ด้วย โดยไปจับกับ Bile acid ชนิด Lithocolic acid ดูดซับไว้ในส่วนที่เป็นโยอาหารเพราะกรดนั้นหากอยู่ในโครงสร้างเป็น สายโซ่ที่สมบูรณ์จะตกผลึกสร้างก้อนนิ่วได้ การทำหน้าที่ดังกล่าวอาจทำร่วมกับสารแอรานิโนไซแลน เนื่องจาก โครงสร้างของสารชนิดนี้มีพื้นที่ของส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) อยู่สูง ประกอบกับ bile acid มีทั้งส่วนชอบน้ำ (Hydrophilic) และไม่ชอบน้ำอยู่ด้วยกันในโครงสร้างจึงช่วยเสริมกันได้ดี การดูดซับ bile acid ไว้ใน โยอาหารดังกล่าวยังส่งผลไปช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลได้ในขณะเดียวกันด้วย เพราะเมื่อ bile acid ถูกดูดซับไว้ในโยอาหารแล้วขับถ่ายออกไป จึงเป็นการช่วยเร่งให้ตับต้องทำหน้าที่สร้าง bile acid จากคอเลสเตอรอล เพิ่มขึ้นตลอดเวลา

2. ช่วยลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจโดยสารอินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟตจะทำหน้าที่ สร้างเลซิทินในร่างกายจึงไปช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และไขมันในรูปไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ด้วย นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารดังกล่าวสามารถช่วยลดการสะสมแคลเซียมในเส้นเลือดใหญ่จากหัวใจถึงส่งผลให้ลดอาการแข็งตัวของเส้นเลือดหัวใจ อีกทั้งยังช่วยป้องกันการเกิดลิ่มเลือดได้ด้วย จากผลการศึกษาพบว่า การเสริมสาร

อินอซิทอลเฮกซาฟอสเฟต ประมาณร้อยละ 9 ของอาหารที่รับประทานจะช่วยลดความเสี่ยงของ อากาศดังกล่าวได้ดี

3. ช่วยด้านการก่อเซลล์มะเร็ง และลดขนาดของเซลล์มะเร็งได้ มีข้อมูลทางสถิติชี้ชัดว่าหญิงชาวฟินแลนด์เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งทรวงอกต่ำกว่าหญิงชาวอเมริกัน เนื่องจากมีบริโภคนิสัยที่ต่างกัน พบว่า หญิงชาวฟินแลนด์นิยมบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงก็จริงแต่ยังนิยมบริโภคอาหารมีใยอาหารสูงร่วมด้วย ส่วนหญิงชาวอเมริกันนิยมบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงแต่มีใยอาหารต่ำ จึงเป็นเหตุทำให้เกิดการศึกษาวิจัยเรื่องการต้านมะเร็งด้วยการบริโภคอาหารที่เสริมใยอาหารสูงกันอย่างกว้างขวาง (สายสนม, 2551)

2.2 การออกแบบเครื่องจักรกล

แรง หมายถึง การกระทำของวัตถุอื่น หรือสาเหตุใดๆ ที่กระทำต่อวัตถุ แล้วพยายามผลักดันให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ แรงดันในวิชากลศาสตร์ของไหล เกิดจากความดันของของไหลที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด ความสัมพันธ์ของแรง ความดันและพื้นที่หน้าตัด เขียนเป็นสมการ 2.1 ได้ดังนี้

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

เมื่อ $F =$ แรงกระทำบนพื้นที่ (N)
 $P =$ ความดันของของไหล (N/m^2)
 $A =$ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่ถูกกระทำ (m^2)

อัตราการไหลและความเร็วของของเหลวในท่อทาง

การไหลของปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด ที่กำหนดในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า อัตราการไหล หน่วยอัตราการไหลของปริมาตรต่อหน่วยเวลา นิยมใช้ในลักษณะงานต่างกัน เช่น ลูกบาศก์นิ้วต่อวินาที (C.I.S) แกลลอนต่อนาที (gpm) ลิตรต่อนาที (L.P.M) สำหรับงานไฮดรอลิก และลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (C.F.M) สำหรับงานนิวแมติก และใช้สัญลักษณ์แทน อัตราการไหลว่า “Q”

สมการที่ 2.2 สมการการไหลอย่างต่อเนื่อง กรณีที่เป็นของไหลที่ยุบตัวไม่ได้ซึ่งหมายถึง ของเหลว นั้น มีอัตราการไหลในท่อ เท่ากับความเร็วของของเหลวในท่อทางคูณกับพื้นที่หน้าตัดของของเหลวที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล ซึ่งคือพื้นที่หน้าตัดของท่อนั้นเอง

$$Q = A.v \quad (2.2)$$

เมื่อ $Q =$ อัตราการไหล (m^3 / s)
 $A =$ พื้นที่หน้าตัดที่ของไหลผ่าน (m^2)
 $v =$ อัตราเร็วการไหลของของไหล (m / s)

ส่วนความเร็วของของเหลวในท่อจะเป็นความเร็วเฉลี่ยของการไหล ที่ไหลผ่านจุดใด จุดหนึ่งหรือวัดเป็นระยะทางที่ของไหลเคลื่อนที่ต่อเวลา ซึ่งวัดเป็นฟุตต่อนาที เมตรต่อนาที เพราะเป็นการไหลของของไหลจริง ของไหลชั้นที่อยู่ติดกับผิวผนังจะมีความเร็วเป็นศูนย์ เนื่องจากความฝืดที่ผนังท่อ จากนั้นก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออยู่ห่างจากผนังไป และชั้นของ ของไหลที่มีความเร็วมากที่สุดคือชั้นที่อยู่กึ่งกลางของท่อ ดังนั้น

ตามสมการจะเห็นว่า ความเร็ว จะแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ ถ้ารู้ขนาดของพื้นที่หน้าตัดและอัตราการไหล ก็จะสามารถ รู้การเปลี่ยนแปลงของความเร็วตลอดของของไหลในท่อ

ความหนาแน่น (density) ของสารใดๆ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวล (mass) ต่อปริมาตร (volume) ของสารนั้น โดยจะหาความหนาแน่นของสารใด ๆ ได้นั้น ต้องหามวล และ ปริมาตรของสารนั้นให้ได้ก่อน

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.3)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (kg / m^3)

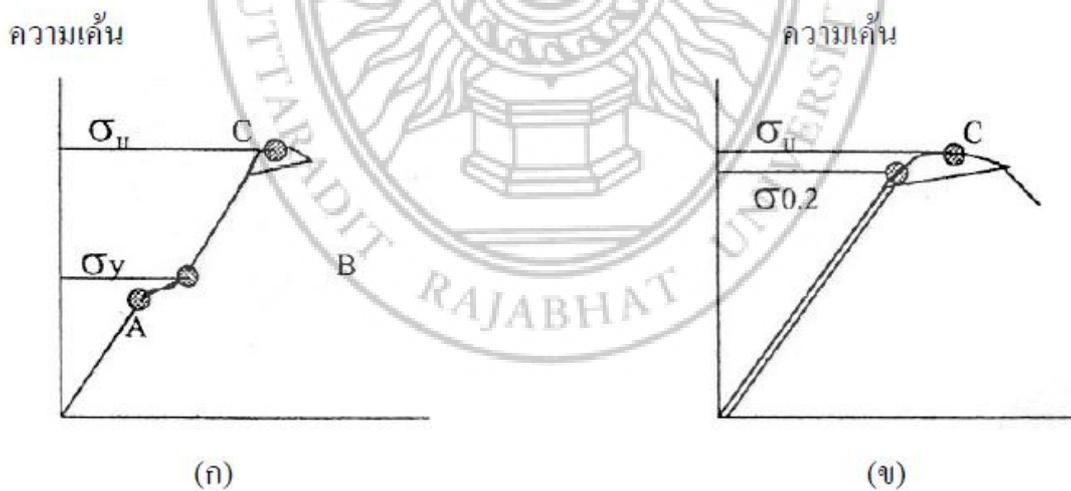
m = มวล (kg)

V = ปริมาตร (m^3)

คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

คุณสมบัติทางกลศาสตร์ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจะต้องคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นสำคัญ ซึ่งจะพบว่า มีชื่อเรียกต่างๆ อยู่มาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจึงให้นิยามความหมายของชื่อต่างๆ ไว้พอสังเขป ดังต่อไปนี้

ความต้านทานแรงดึงสูงสุด เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะรับได้ โดยคำนวณได้จากการนำแรงที่ใช้ดึงวัสดุตัวอย่างมาหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิมและแทนด้วยจุด C บนกราฟความ ความเค้น-ความเครียด ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ก-ข ในบางครั้งอาจเรียกให้สั้นลงได้ว่าความต้านทานแรงดึง



รูปที่ 2.1 แผนภาพความเค้น-เครียด (ก) วัสดุเหนียว และ (ข) วัสดุเปราะ

ขีดจำกัดความเป็นสัดส่วน เป็นค่าความเค้นค่าสุดท้ายที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียด ที่จุด A ในรูปที่ 2.1 (ก) เมื่อพ้นจุดนี้ไปแล้วกราฟจะเป็นเส้นโค้งในทางปฏิบัติจะหาจุดนี้ยากมาก ฉะนั้นในการคำนวณจึงนิยมใช้ความต้านทานแรงดึงครากแทน

ขีดจำกัดความยืดหยุ่นอยู่ระหว่างจุด A และ B ในรูปที่ 2.1 (ก) เป็นจุดสุดท้าย เมื่อเอาแรงภายนอกออกแล้ววัสดุสามารถมีขนาดเท่าเดิมกราฟในช่วง AB นี้จะมีความโค้งเล็กน้อย

ความต้านทานแรงดึง เป็นจุดที่ขึ้นทดสอบยืดออกได้มากโดยที่เพิ่มแรงเล็กน้อยเท่านั้น(หรือไม่ได้เพิ่ม) ซึ่งแทนด้วยจุด B หรือเรียกว่าจุดครากความเค้น ณ จุดนี้ถือเป็นหลักออกแบบทั่วไปสำหรับวัสดุที่ไม่มีจุดคราก เช่น เหล็กหล่อก็อาจใช้ความต้านทานแรงดึงในการออกแบบหรืออาจจะความเค้นที่เรียกว่า ความเค้นที่จุดยืดถาวร มาใช้ความต้านทานแรงดึงคราก โดยลากเส้นขนานกับส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟตามเปอร์เซ็นต์ของความเครียดที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.1 (ข) โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ 0.2 เปอร์เซ็นต์และเพื่อแสดงความแตกต่างระหว่าง ความเค้นที่จุดยืดถาวรกับความเค้นแรงดึงครากจึงใช้สัญลักษณ์แทนความเค้นที่ จุดยืดถาวร 0.2 เปอร์เซ็นต์ว่า หรืออาจเรียกสั้นๆว่าความเค้นพิสูจน์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ 0.2 σ

ยังส์โมดูลัส (Young's modulus) หรือความยืดหยุ่น เป็นอัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียด ในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรง

โมดูลัสเฉือน (shear modulus) หรือความแข็งแกร่งในการทดสอบชิ้นส่วนโดยใช้แรงเฉือนแล้วเขียนกราฟระหว่างความเค้นเฉือน กับความเครียดเฉือน ก็จะได้กราฟลักษณะเดียวกับการทดสอบแรงดึงอัตราส่วนระหว่างความเค้นเฉือนในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า โมดูลัสเฉือน (ที่มา; วรวิทย์:2529:หน้า18-19)

จากที่กล่าวมาเบื้องต้นนี้เป็นเพียงคุณสมบัติทางกลที่สำคัญต่อการออกแบบจากการศึกษาวิชาความแข็งแรงของวัสดุหรือวิชากลศาสตร์วัสดุแสดงคุณสมบัติทางกลของวัสดุชนิดต่างๆ ซึ่งจะได้นำมาประกอบการคำนวณออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ต่อไป

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือความต้านทานแรงเฉือนคราก ซึ่งใช้ในการออกแบบเสมอแต่มิได้ให้ไว้ในตารางดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามให้ใช้ค่าประมาณจากตาราง

ค่าความปลอดภัย โดยทั่วไปแล้วค่าความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านทานแรงดึงหรือความต้านทานแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นใช้งานในชิ้นงานที่กำลังออกแบบซึ่งเรียกสั้นๆว่า ความเค้นออกแบบ หรือความเค้นใช้งานเช่น เหล็กกล้า ชนิดหนึ่งมีความเค้นแรงดึงและความเค้นแรงดึงครากเท่ากับ 420 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ และในการออกแบบชิ้นงานหนึ่งโดยใช้เหล็กกล้าชนิดนี้ผู้ออกแบบคิดว่าตามลักษณะการใช้งานแล้วความเค้นใช้งานควรไม่เกิน 140 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร ฉะนั้นค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านทานแรงดึงเป็นหลัก สำหรับปัญหาที่ไม่เป็นแบบเชิงเส้น เช่น ท่อโลหะ หรือเสาที่อาจจะเสียหายเนื่องจากการ โกงงจะต้องใช้ค่าความปลอดภัยกับแรงที่มากกระทำโดยตรงแทนที่จะใช้กับความเค้น ทั้งนี้เพราะในปัญหาไม่เชิงเส้น ความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานอาจจะมิได้แปรผันโดยตรงกับแรง

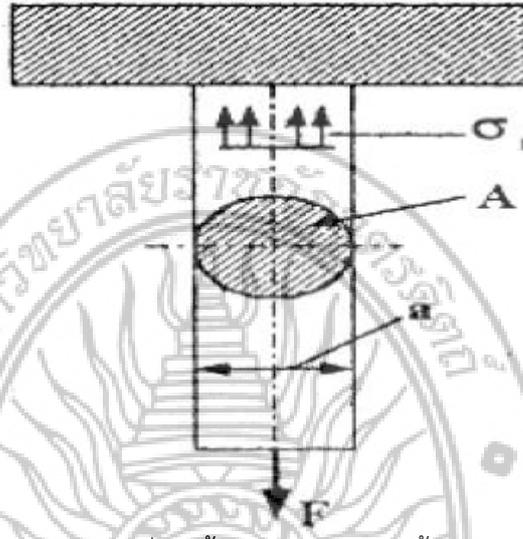
ค่าความปลอดภัยที่เลือกใช้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบจำนวนมากดังนี้

- ชนิดของแรงที่มากกระทำต่อชิ้นงานว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่นิ่งหรือเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน
 - ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องกับภาระที่อาจจะสูญเสียชีวิตหรือทรัพย์สินจำนวนมากหรือไม่
 - น้ำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเบาที่สุดหรือไม่เช่นชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบินเป็นต้นในกรณีเช่นนี้การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาเป็นพิเศษ
 - จำนวนของชิ้นงานที่จะผลิตออกมาถ้าผลิตครั้งละมากๆ ควรระมัดระวังการใช้ค่าความปลอดภัยที่สูงจนเกินไปทั้งนี้เพื่อให้ประหยัดวัสดุได้มากที่สุด
 - เนื้อที่ผลิตออกมาไม่สม่ำเสมอกันทำให้ความสามารถในการรับแรงแตกต่างกัน
- ความเค้นการจะนำสูตรความเค้นอย่างง่ายไปใช้ได้นั้นวัสดุหรือชิ้นส่วนจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไข ดังนี้

- มีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่เท่ากันตลอดทุกตำแหน่งของชิ้นส่วน
- เนื้อของวัตถุหรือชิ้นส่วนต้องเป็นเอกพันธ์ 1 ตลอดทุกส่วน
- แรงกระทำรวมจะต้องผ่านจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุหรือชิ้นส่วน

นิยามของความเค้น คือ แรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงความเค้นอย่างง่าย มีอยู่ 4 ชนิด คือ

1. ความเค้นดึง คือ ความเค้นที่เกิดขึ้นในขณะวัตถุหรือชิ้นงานรับแรงดึงดังรูปที่ 2.2

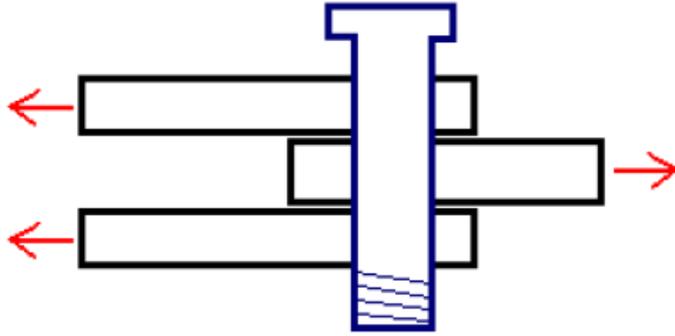


รูปที่ 2.2 ความเค้นที่เกิดขึ้นในขณะวัตถุหรือชิ้นงานรับแรงดึง

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

เมื่อ σ_t = ความเค้นดึง (N/m^2)
 F = แรงที่กระทำ (N)
 A = พื้นที่หน้าตัดตั้งฉากกับแนวแรง (m^2)
 (แนวแรงกระทำจะตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด)

ความเค้นเฉือนคู่ (Double Shear) คือหน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมากกว่าหนึ่งแห่งดังรูปที่ 2.3 ซึ่งมีสองแห่งพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงคือ $2A$ เพราะฉะนั้นความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นจะเท่ากับ



รูปที่ 2.3 ความเค้นเฉือนคู่

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad (2.5)$$

เมื่อ τ = ค่าความเค้น
 F = แรงที่กระทำ
 A = พื้นที่หน้าตัด ขนานกับแนวแรง

หลักการออกแบบส่วนโครงสร้างรับแรงอัด (Compression Member)
 กำลังรับน้ำหนักของเสา

เสาอาจจำแนกประเภทตามความยาวของเสาออกเป็น เสาสั้น (short column) และเสายาว (long column) ซึ่งกำลังรับน้ำหนักและลักษณะการวิบัติของเสาจะต่างกัน การเปรียบเทียบว่าเป็นเสาสั้นหรือเสายาวพิจารณาได้จากอัตราส่วนความชะลูดของเสา (slenderness ratio) ซึ่งปกติคือ อัตราส่วนระหว่างช่วงความยาวของเสาที่ปราศจากการค้ำยัน (unsupported length) ต่อร์ศมีใจเรซันที่น้อยที่สุด (least radius of gyration)

เสาที่มีความยาวน้อยหรือที่เรียกว่าเสาสั้น สามารถรับน้ำหนักได้จนกระทั่งหน่วยแรงอัดสูงสุดที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดของเสามีค่าเท่ากับหน่วยแรงอัดสูงสุดตามแกนของวัสดุที่ใช้ทำเสานั้น ซึ่งเสายาวจะวิบัติในลักษณะที่ถูกกดอัดจนยุบและเสียรูป (crushing) โดยไม่มีการโก่งตัวออกทางข้าง (buckling)

ส่วนเสายาวจะรับน้ำหนักได้น้อยกว่าเสาสั้นเพราะผลของแรงดัดที่แผงมากับแรงอัดที่ทำให้เสาโก่งตัวออกทางข้างก่อนการวิบัติจะเกิดขึ้น หน่วยแรงอัดสูงสุดตรงหน้าตัดวิกฤตของเสาประเภทนี้เรียกว่าหน่วยแรงอัดวิกฤต (critical stress) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงอัดสูงสุดตามแกนของวัสดุที่ใช้ทำเสานั้น หน่วยแรงอัดวิกฤตที่เกิดขึ้นตลอดหน้าตัดของเสายาวอาจมีค่าไม่เกินกว่าหน่วยแรงอัดที่ขีดพิกักยึดหยุ่น (proportional limit) ของวัสดุที่ใช้ทำเสา ซึ่งเป็นหน่วยแรงที่อยู่ในช่วงอีลาสติก เรียกการวิบัติแบบนี้ว่า elastic buckling แต่ถ้าเสายาวปานกลาง (intermediate column) หน่วยแรงอัดวิกฤตที่เกิดขึ้นจะอยู่ในช่วงอินอีลาสติกของวัสดุซึ่งมีค่ามากกว่าหน่วยแรงอัดที่ขีดพิกักยึดหยุ่นของวัสดุ เรียกการวิบัติแบบนี้ว่า inelastic buckling

สูตรคำนวณที่ใช้มีอยู่หลายสูตรซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกัน การคำนวณหาหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเสาไม้ต้นธรรมดารูปตัดสี่เหลี่ยม หน่วยเป็น กก./ซม.² พิจารณาได้จากอัตราส่วนความชะลูด L_e/d ซึ่งต้องมีค่าไม่เกินกว่า 50

เสาสั้น (เมื่อ $\frac{L_e}{d} \leq 11$) : หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ $F_a = F_c$

เสายาวปานกลาง (เมื่อ $11 < \frac{L_e}{d} \leq K$) :

$$\text{หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ } F_a = F_c \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_e/d}{K} \right)^4 \right) \quad (2.6)$$

เสายาว (เมื่อ $K < \frac{L_e}{d} \leq 50$) :

$$\text{หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ } F_a = F_c \left(\frac{0.3E}{(L_e/d)^2} \right) \quad (2.7)$$

ในที่นี้ F_c = หน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนที่ยอมให้ของไม้ (ที่ปรับค่าแล้ว) กก.ต่อ ซม.²

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ (ที่ปรับค่าแล้ว) กก. ต่อ ซม.²

$K = 0.671 \sqrt{E/F_c}$ เป็นอัตราส่วนความชะลุดที่หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเสามีค่าเท่ากับเศษสองส่วนสามของหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนที่ยอมให้ของไม้นั้น (F_c)

การออกแบบโครงสร้างโดยวิธี Load and Resistance Factor Design (LRFD) ในยุคปีค.ศ. 1980 ได้มีการพัฒนาแนวคิดการออกแบบที่เรียกว่า LRFD ขึ้น โดยที่วิธีนี้มีหลักการออกแบบโดยการเพิ่มค่าน้ำหนักบรรทุก โดยใช้ค่าตัวคูณเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเพิ่ม γ (Load Factor) ซึ่งค่า γ จะมากกว่าหนึ่งเสมอ ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำหนักบรรทุก และรูปแบบการการรวมกันของน้ำหนักบรรทุกชนิดต่างๆ และใช้ค่าตัวคูณความต้านทาน ϕ (Resistance Factor) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหนึ่งเสมอ ในการลดกำลังรับแรงที่ขีดสุดในภาวะต่างๆ (limit state) โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\sum_{i=1}^n \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad (2.8)$$

ซึ่ง Q_i จะเป็นน้ำหนักบรรทุกชนิดต่างๆ R_n คือกำลังที่คำนวณได้ (Nominal Strength) ของโครงสร้าง แต่ละชนิด ค่าตัวคูณเพิ่มน้ำหนักบรรทุก γ_i และค่าตัวคูณความต้านทาน ϕ นั้นหาจากการวิเคราะห์ Reliability Analysis ที่มีพื้นฐานบนทฤษฎีความน่าจะเป็น ทำให้การออกแบบในภาวะต่างๆ จะมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) ใกล้เคียงกัน วิธีนี้จะคล้ายกับวิธีการออกแบบด้วยวิธีกำลัง (Strength Design Method) ของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตามที่ Prof. Lynn S. Beedle (1986) ได้กล่าวไว้ในวารสาร “Modern Steel Construction” ถึงประโยชน์ของวิธีการออกแบบโดยวิธี LRFD (Load & Resistance Factor Design) ไว้ดังนี้

1. LRFD เป็นวิธีการออกแบบที่ใช้ค่าตัวคูณน้ำหนักบรรทุกเพิ่ม (Load Factor) โดยใช้หลักวิธีการประมาณทางสถิติในการประมาณความไม่แน่นอนของน้ำหนักบรรทุกให้มีเหตุผลสอดคล้องกับน้ำหนักบรรทุกจริงชนิดต่างๆ

2. LRFDเป็นวิธีออกแบบที่อำนวยความสะดวกต่อการรับข้อมูลใหม่ๆที่อาจจะมีขึ้น หรือ ความรู้ใหม่ๆเอามาประยุกต์ใช้ได้ง่าย โดยเฉพาะข้อมูลความน่าจะเป็นที่น้ำหนักบรรทุกจะเกิดขึ้น รวมถึงวิวัฒนาการทางด้านวัสดุศาสตร์

3. LRFDการแก้ไขค่าตัวคูณน้ำหนักบรรทุกเพิ่ม (Load Factor, γ) และค่าตัวคูณ ความต้านทาน (Resistance Factor, ϕ) เพื่อให้เข้ากับข้อมูลใหม่ๆ หรือความรู้ใหม่ๆ ที่จะมีขึ้นได้ในอนาคตทำได้ง่าย จึงทำให้เป็นการออกแบบที่ทันสมัยตลอดเวลา

4. LRFD เป็นวิธีออกแบบที่สามารถนำไปประยุกต์เขาใช้กับวัสดุทุกชนิดได้ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ในอนาคต ข้อกำหนด (Specifications) จะไม่จำกัดเฉพาะวัสดุเหล็กเท่านั้นอาจจะกำหนดใช้กับวัสดุได้ทุกประเภท เช่นอลูมิเนียม แม้แต่พลาสติก และไม้ก็อาจจะใช้ได้เช่นกัน

5. ถ้าค่าน้ำหนักบรรทุกจริง (Live Load) มีค่าไม่เกินค่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) แล้ว การออกแบบโดย LRFD จะให้ค่าที่ประหยัดกว่าวิธี ASD ยกเว้นค่าน้ำหนักบรรทุกจริง (Live Load) มีค่ามากกว่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) แล้ว อาจจะให้โครงสร้างที่ไม่ประหยัดแต่จะให้ความถูกต้อง และการใช้งานได้ปลอดภัยมากกว่าวิธีของ ASD

6. ความประหยัดของโครงสร้างตามข้อ 5) เป็นผลมาจากความชัดเจนของกระบวนการของวิธีการออกแบบโดย LRFD ที่ใช้พฤติกรรมของโครงสร้างที่จุดวิกฤตสูงสุด โดยใช้ค่าของ Load Factor เป็นส่วนของความปลอดภัยของโครงสร้างเพื่อชดเชยความเสี่ยงของความแปรปรวนด้านคุณภาพวัสดุ และคุณภาพของการก่อสร้าง

2.3 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรรณา (2535) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การใช้รำข้าวเป็นแหล่งใยอาหารในคุกกี้แคลอรีต่ำ” งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้รำข้าวเป็นแหล่งใยอาหาร โดยผ่านกระบวนการแช่ในด่างในผลิตภัณฑ์คุกกี้ เปรียบเทียบกับรำข้าวสกัดน้ำมัน ในอัตราส่วนของรำข้าวร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่า เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น แป้งสาลีผสมรำข้าวทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณโปรตีนเถ้า เส้นใย และใยอาหารรวมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรตและค่าพลังงานลดลง และสมบัติในการเกิดโด เมื่อระดับการทดแทนรำข้าวมากขึ้น ปรากฏว่า โดยที่ได้จากส่วนผสมรำข้าวสกัดน้ำมัน มีค่า water absorption, dough development time และ mixing tolerance index เพิ่มขึ้น แต่ค่า dough stability, resistance to extension และ extensibility ลดลง ในขณะที่โดที่ได้จากส่วนผสมรำข้าวที่ผ่านกระบวนการจะมีค่าต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ยกเว้น mixing tolerance index ลดลงเมื่อนำโดทั้ง 2 ชนิด มาผลิตคุกกี้ช็อกโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง พบว่า ปริมาณของรำข้าวที่เพิ่มขึ้นทำให้คุกกี้ที่ผลิตได้มี ปริมาณใยอาหารรวมและค่าความแข็ง (hardness) เพิ่มขึ้น แต่ค่า spread factor ค่าพลังงานและ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง คุกกี้ที่ผลิตโดยใช้โดทั้ง 2 ชนิดที่มีปริมาณรำข้าวร้อยละ 10 (โดยน้ำหนักแป้ง) ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด และไม่แตกต่างจากคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีเอนกประสงค์ล้วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ได้ศึกษาการใช้ potato malt dextrin [PASELLI SA2 gel (ร้อยละ 20 w/w)] ร้อยละ 40, 50 และ 60 (โดยน้ำหนักไขมัน) ทดแทนไขมันบางส่วนในคุกกี้พบว่าปริมาณสารทดแทนไขมันในอัตราส่วนร้อยละ 50 (โดยน้ำหนักไขมัน) ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากคุกกี้ช็อกโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คุกกี้ช็อกโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำขนาดชิ้นละ 15 กรัม ที่ผลิตจากแป้งผสมรำข้าวสกัดน้ำมันและแป้งผสมรำข้าวที่ผ่านกระบวนการมีปริมาณใยอาหารรวม 0.18 และ 0.40 กรัม

คิดเป็นปริมาณใยอาหารรวม 6 และ 13 เท่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับคุกกี้ช็อคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลี
อเนกประสงค์ล้วน และมีค่าพลังงาน 52.7 และ 51.9 แคลอรีตามลำดับ คิดเป็นพลังงานลดลงเทียบกับคุกกี้
ช็อคโกแลตชิพที่ทำจากแป้งสาลีอเนกประสงค์ล้วน คุกกี้ช็อคโกแลตชิพชนิดใยอาหารสูง-แคลอรีต่ำ ร้อยละ 30
เมื่อที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดสามารถเก็บในถุง polyethylene ได้ 2 เดือน และเก็บ
ในถุง metalized film ได้ถึง 3 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วรวิทย์ (2550) ได้ทำการศึกษาเครื่องกวนเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับน้ำมะขามเปียกซึ่งเป็นของผสมที่มี
ทั้งของแข็ง และของเหลว พบว่าน้ำมะขามเปียกที่ต้องใช้กวนในปริมาณ 70 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 80 °C ใช้เวลา
ในการกวนผสมทั้งสิ้น 65 นาที ต้องใช้แก๊ส 0.7 กิโลกรัม สามารถแก้ปัญหาการไหม้ของตัวมะขามเปียกได้และ
ง่ายต่อการกวนผสมยิ่งขึ้น

จรีมาศ (2550) ได้ทำการศึกษา เรื่อง “ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจาก
กระดุกปลา” โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะแคลเซียมที่มีมากใน
กระดุกปลาผง และแร่ธาตุเหล็กในแป้งข้าวเจ้าหอมนิล จากการทดลองพบว่า แป้งข้าวเจ้าหอมนิลสามารถ
ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังกรอบ ร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้งสาลี และสามารถเสริมกระดุกปลาผงในขนมปัง
กรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล ร้อยละ 2 ของน้ำหนักทั้งหมด (ได้กำหนดให้มีปริมาณแคลเซียมในหนึ่งหน่วย
บริโภคของผลิตภัณฑ์ไม่เกินร้อยละ 20 ของ RDI) ขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจาก
กระดุกปลา หนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ให้คุณค่าทางโภชนาการดังนี้ โปรตีน 3.89 กรัม คาร์โบไฮเดรต
17.51 กรัม ไขมัน 6.45 กรัม เยื่อใย 0.35 กรัม เกลือ 0.89 กรัม ให้พลังงานทั้งหมด 143.64 กิโลแคลอรี โดยมี
แคลเซียม 37.20 มิลลิกรัม และธาตุเหล็ก 0.53 มิลลิกรัม สูงกว่าสูตรพื้นฐาน 1.68 และ 1.7 เท่า ตามลำดับ
โดยปริมาณแคลเซียม และธาตุเหล็ก คิดเป็นร้อยละ 4.65 และ 3.53 ของความต้องการปริมาณแคลเซียม และ
ธาตุเหล็กต่อวัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่ามีค่าความกรอบ 24.24 นิวตัน ค่า Water
activity 0.340 และค่าสีในระบบ $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 45.85 4.79 และ 13.63 ตามลำดับ จากการทดสอบการ
ยอมรับ และความชอบของผู้บริโภคขนมปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดุกปลา จาก
จำนวน 200 คนพบว่าผู้บริโภคร้อยละ 83 มีการยอมรับในผลิตภัณฑ์และผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนน ความชอบอยู่
ในระดับชอบเล็กน้อย โดยผู้บริโภคเห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ไม่เป็นอันตราย ราคาไม่แพง และเป็น
ทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค ซึ่งผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้เหมาะสม 5 สัปดาห์ โดยบรรจุถุงพลาสติกโพลี โพรพิ
ลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 -32 องศาเซลเซียส) และผลิตภัณฑ์มีต้นทุนการผลิต 2.13 บาท ต่อหนึ่ง หน่วย
บริโภคต่อถุง (30 กรัม)

ธรรณพ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “องค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมของสารต้าน
อนุมูลอิสระ และเสถียรภาพระหว่างการเก็บรักษาของรจากข้าวสี และการประยุกต์ใช้รจากข้าวสีในขนม
ปัง” งานวิจัยนี้ได้หาเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างข้าวแดง 1 พันธุ์ และข้าว
ดา 3 พันธุ์เปรียบเทียบกับข้าวปกติ ในส่วนการขัดสี (milling fractions) ที่แตกต่างกัน พบว่า ในส่วนของร
ข้าวมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และสูงกว่าส่วนของข้าวกล้องและข้าวขาว 7 และ 62 เท่า ตามลำดับ
ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวดาสูงกว่าข้าวแดงและข้าวปกติ โดยรจากข้าวดาเบอร์ 1 มีสารต้านอนุมูล
อิสระสูงสุด สารแอนโทไซยานินหลักในข้าวสีทุกตัวอย่างคือ cyanidin-3-glucoside และ peonidin-3-
glucoside โดยพบว่า cyanidin-3-glucoside ซึ่งพบร้อยละ 90-95 (ยกเว้นข้าวดาเบอร์ 2 พบ ร้อยละ 58)
เป็นสารแอนโทไซยานินส่วนใหญ่ในข้าวสี นอกจากนั้นยังพบว่ากรดฟีนอลิกในข้าวส่วนใหญ่เป็นกรดฟีนอลิกที่
ยึดเกาะกับองค์ประกอบอื่น ซึ่งกรดฟีนอลิกที่จำแนกได้ทั้ง 6 ได้แก่ gallic, protocatechuic,
hydroxybenzoic, p-coumaric, ferulic, และ sinapic acids ข้าวดามี protocatechuic และ

hydroxybenzoic acids สูงกว่าข้าวแดงและข้าวปกติเมื่อนำตัวอย่างข้าวมาสกัดด้วยเมทานอลและนำไปวิเคราะห์กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดจากราข้าวมี DPPH radical scavenging, reducing power และ lipid peroxidation inhibition สูงเมื่อทดลองนาราข้าว ได้แก่ ราข้าวแดง ราข้าวดาเบอร์ 1 และราข้าวปกติมาเสริมในขนมปังโดยทดแทนแป้งสาลีที่ 5 และร้อยละ 10 โดยมีขนมปังปกติเป็นตัวอย่างควบคุม พบว่าการเสริมราข้าวเพิ่ม G' (storage modulus) G'' (loss modulus) ของโดขนมปัง และลด deformation ของการทดสอบ creep test ขนมปังเสริมราข้าวทุกตัวอย่างมีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และยังพบสารต้านอนุมูลอิสระจากราข้าวในขนมปังหลังการอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แกมมาโอไรซา-นอลที่สูญเสียเพียงร้อยละ 16-34 หลังการอบ และยังพบสาร cyanidin-3-glucoside ในขนมปังเสริมราข้าวดาแต่สูญเสียร้อยละ 82-89 หลังการอบ การเสริมราข้าวที่ร้อยละ 5 ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพขนมปังอย่างไรก็ตามเมื่อเสริมราข้าวที่ร้อยละ 10 ลด specific volume และเพิ่ม crumb firmness ของผลิตภัณฑ์การคงสภาพราข้าวโดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลเปส และพบว่าราข้าวมีกรดไขมันอิสระน้อยกว่าร้อยละ 10 หลังเก็บรักษานาน 2 เดือน การคงสภาพราข้าวดาทำลายสาร แอนโทไซยานินร้อยละ 80-100 ในระหว่างการเก็บรักษาราข้าวในถุงผ้าในอุณหภูมิห้อง แอลฟาโทโคฟี-รอลมีค่าอัตราการสลายตัวสูงสุดเมื่อเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระอื่น

ศศิอาภาและอุไรวรรณ (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การพัฒนาขนมขบเคี้ยวแผ่นแป้งกรอบผสม งาดา” มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ “โรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตขนมปังกรอบรายใหญ่ของประเทศ มีสัดส่วนตลาด ประมาณร้อยละ 40 พบว่า มีปัญหาการเกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตเกิดจากที่กึ่งกลางการผลิตไม่สามารถทำได้ตามที่มีการวางแผนการผลิตไว้ เป็นปัญหาที่เกิดจากคนกึ่งกลางการผลิตไม่เพียงพอ พนักงานในสายการผลิตไม่มีความชำนาญ แต่ก่อให้เกิดปัญหาใหม่คือการหาแรงงานคนที่มีจำนวนแน่นอนและมีประสิทธิภาพไม่ได้ เมื่อทำการศึกษาในสายการผลิตพบจุดการทำงานซึ่งเป็นคอขวดทำให้ชิ้นงานที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตมีจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดเวลาดำเนินการผลิตสูงรวมไปถึงปัญหาการหาสถานที่สำหรับการจัดเก็บชิ้นงานที่อยู่ในระหว่างการผลิต โดยมีปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาซึ่งสามารถทำการแก้ไขเพื่อลดปริมาณความสูญเสียได้ ด้วยการใช้เทคนิคทางวิศวกรรม ลีน มาแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตขนมปังกรอบไส้สัปปะรด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ ลดความสูญเสียทางด้านเวลาและเพิ่มปริมาณการผลิตให้มากขึ้น โดยศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการผลิตไปสู่การลดเวลารวมของระบบการผลิต และลดขั้นตอนการทำงานเพื่อออกแบบกระบวนการผลิตใหม่จึงนำหลักการวิเคราะห์สายธารแห่งคุณค่ามาศึกษาภาพรวมของกระบวนการเพื่อบ่งชี้กิจกรรมที่สร้างคุณค่าและไม่สร้างคุณค่า รวมไปถึงการนำหลักการของ พารेटโตและแผนผังสาเหตุและผลใช้ในการหาต้นตอของปัญหาหลักที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย ผลงานวิจัยสรุปได้ว่า พนักงานมีปริมาณไม่เพียงพอต่อปริมาณงานเป็นความสูญเสียที่สำคัญที่สุดโดยการทำการทดลองประยุกต์และปรับปรุงเครื่องจักรที่มีการผลิตในลักษณะคล้ายคลึงกันในการทำขนมปังกรอบไส้ครีมมาใช้ผลิตขนมปังกรอบไส้สัปปะรด สามารถลดเวลารวมในสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันในหนึ่งรอบของการผลิตได้ ร้อยละ 33.11 โดยการ จัดหาสายธารคุณค่าของแผนการปรับปรุง โดยใช้เครื่องจักรหนึ่งรอบของการผลิต สามารถลดเวลารวมในการทำกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าลงได้ร้อยละ 32.45 รวมไปถึงสามารถลดเวลารวมในการทำกิจกรรมที่จำเป็นต้องทำแต่ไม่เพิ่มคุณค่าลงได้ร้อยละ 34.55 ค่าหลักหลักการลีนแผนภาพสายธารคุณค่าอุตสาหกรรมผลิตขนมปังกรอบ

วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร (2555) ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องผสมแป้งในร้านเบเกอรี่ เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าในร้าน พบว่าเมื่อทำการออกแบบเครื่องผสมแป้งที่กำลังของมอเตอร์ที่เหมาะสมกับปริมาณแป้ง

ที่ต้องใช้ผสมใน 1 รอบ จะใช้เวลาในการกวนผสมน้อยลง และสามารถลดค่าการใช้พลังงานในร้านได้ถึงร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าเดิม

พินิจ จิรัคคกุล (2558) ได้ศึกษาเรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติ โดยวิธีการผสมแบบหมุนวน และใช้ระบบ PLC ในการควบคุมการผสม สามารถผสมได้ความแม่นยำ 0 จากค่าความเชื่อถือถึง 0.9998 และ 0.9943 เมื่อใช้ระบบ PLC ในการควบคุมความเร็วรอบการกวนผสม

พิชญ และ ศิลปะชัย (2559) ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องผสมยาเส้นที่มีสัมฤทธิ์ผลสูง โดยกระบวนการศึกษายึดกระบวนการออกแบบทางเครื่องกลเป็นหลักเพื่อตอบสนองความต้องการ ผลการออกแบบและติดตั้งพบว่าสามารถยืนยันสัมฤทธิ์ผลของเครื่องจักรโดยสามารถลดผู้ปฏิบัติงานลงจาก 8 คน เหลือเพียง 2 คน และลดเวลาดำเนินการจาก 1 ชั่วโมง 45 นาที เหลือเพียง 30 นาที

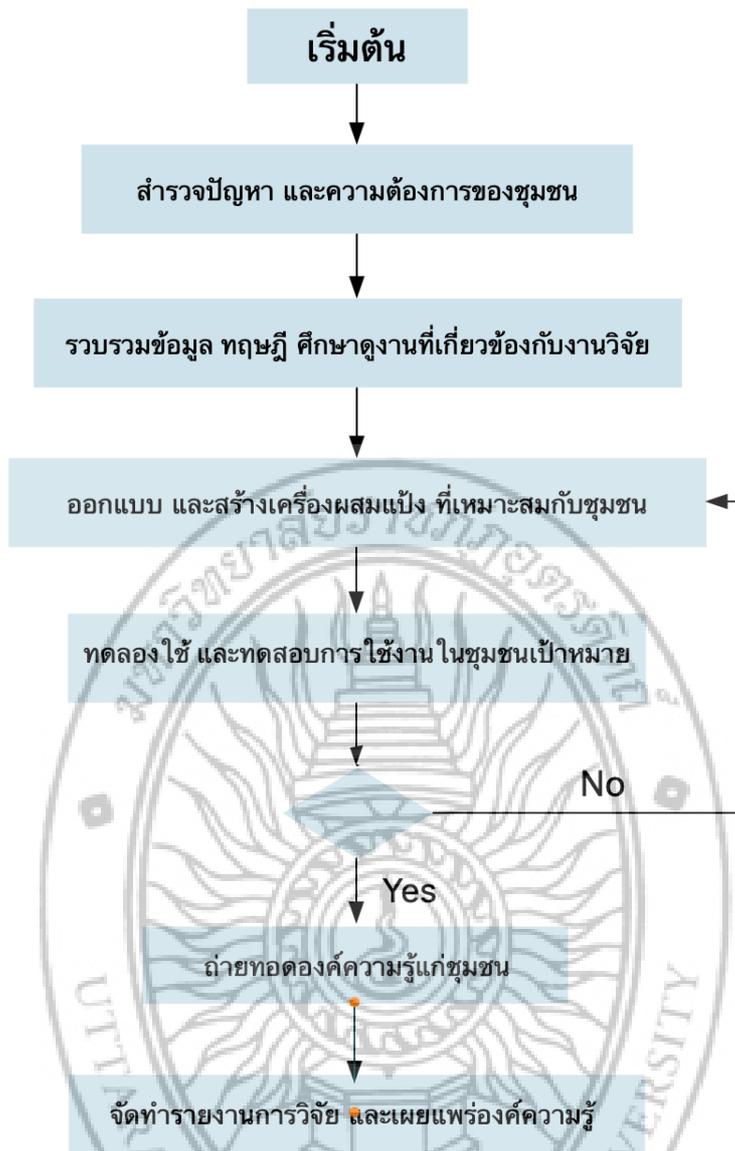
กฤษณะ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องกวนเนื้อมังคุดชนิดควบคุมอุณหภูมิแก๊สอัตโนมัติ สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าศาลา จังหวัดจันทบุรี โดยทำงานร่วมกับกระเทขนาด 26 นิ้ว ชุดหัวจ่ายแก๊ส 1 ชุด จากการทดลองกวนมังคุด 12 กิโลกรัม พบว่าใน 1 ปี จะมีต้นทุนค่าเครื่อง 13,068.27 บาท เมื่อนำมาวิเคราะห์กับต้นทุนการใช้แรงงานคน (14,000 บาทต่อปี) พบว่าสามารถประหยัดต้นทุนได้ปีละ 931.73 บาท ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 6.65

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีความวิจัยหลายงานที่มีกระบวนการดำเนินงานคล้ายกันคือออกแบบและพัฒนาเครื่องผสม โดยมีสาเหตุหลักคือการลดต้นทุนเวลา และค่าใช้จ่าย ที่สามารถลดได้จากกระบวนการเดิม โดยอาศัยเทคโนโลยี และการออกแบบที่เหมาะสม

บทที่ 3

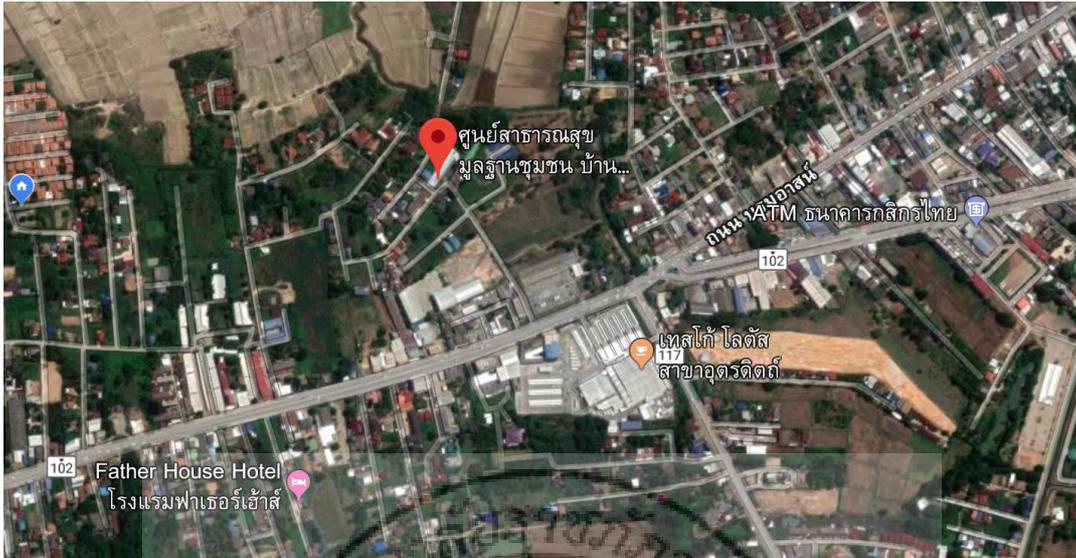
กระบวนการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จะมีการลงพื้นที่สำรวจความต้องการของชุมชน เพื่อวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมและออกแบบ ติดตั้ง อุปกรณ์ โดยจะมีการทดสอบประสิทธิภาพในชุมชนเป้าหมาย หากเครื่องยังไม่สามารถใช้ในวิสาหกิจชุมชนเป้าหมายได้ นักวิจัยจะนำข้อมูลมาปรับแก้ในขั้นตอนการออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบใหม่ แต่ถ้าสามารถใช้งานได้ จะมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ วิเคราะห์ความพึงพอใจ และจัดทำรายงานการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 Flow chart กระบวนการดำเนินการ



รูปที่ 3.1 Flow chart ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการลงพื้นที่สำรวจความต้องการของชุมชนที่บริเวณบ้านคลองห้วยไผ่ จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าในชุมชนได้จัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์ให้คนในชุมชนใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์โดยการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ เช่น ตะกร้าสานจากเศษพลาสติก ยังขยะจากเศษโครงเหล็กถัก เป็นต้น และมีบางบ้านที่ประกอบอาชีพ เช่น เสริมสวย ต่อเติมบ้าน และ ทำขนม ซึ่งผลผลิตที่ได้จะถูกนำไปจำหน่ายที่ตัวอำเภอเมือง อุตรดิตถ์



รูปที่ 3.2 บริเวณที่ตั้งศูนย์สาธารณสุขมูลฐานชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่

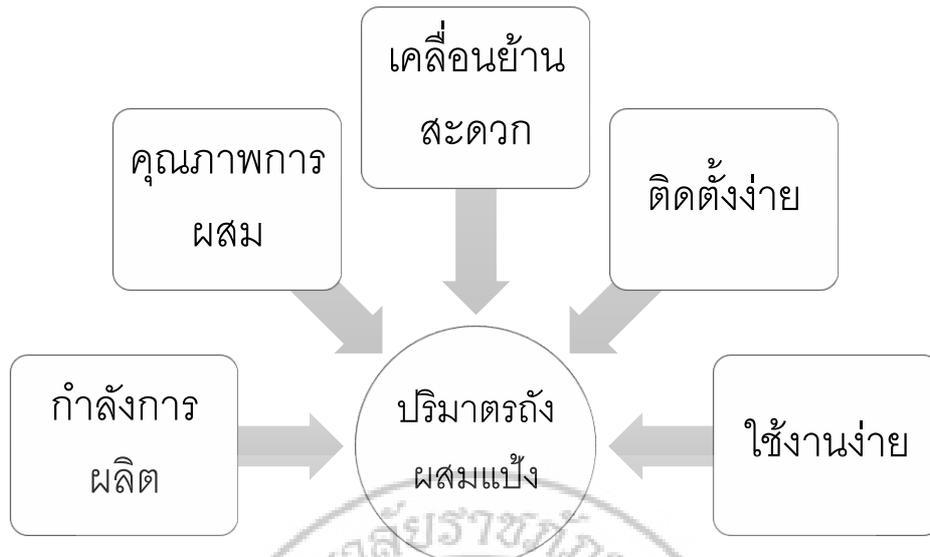
ธุรกิจชุมชนที่ทางนักวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลคือ ธุรกิจขายขนม ซึ่งเป็นธุรกิจขนาดเล็กที่เริ่มต้นจากการทำในครอบครัว และมีผลิตภัณฑ์เป็นขนมปัง ขนมเค้ก



รูปที่ 3.2 สมาชิกกรรรมชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่ จังหวัดอุตรดิตถ์

3.1 การออกแบบเครื่องผสมแป้ง

ในขั้นตอนการออกแบบเครื่องผสมแป้ง ทางนักวิจัยจะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการคำนวณหาปริมาตรถังผสมที่เหมาะสม โดยความเหมาะสมจะคำนึงถึงกำลังการผลิต คุณภาพการผสม ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ความง่ายในการติดตั้ง และความเหมาะสมในการใช้งานดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แนวคิดการออกแบบถังผสมแป้ง

การออกแบบจะออกแบบถังผสมเป็นทรงกระบอกที่มีฐานด้านล่างเป็นครึ่งทรงกลม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผสมจากใบพัดผสมที่จะติดตั้งลงไป โดยอาศัยสมการที่ 3.1

$$V_o = \frac{\pi}{4} \times D_o^2 \times H_o \quad (3.1)$$

โดยที่ V_o คือ ปริมาตรของถังผสม
 D_o คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของถังผสม
 H_o คือ ความสูงของถังผสม

การคำนวณหาแรงบิด

จากการเก็บข้อมูลพบว่าความหนืดของแป้งมีปัจจัยได้แก่ ชนิดของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน และปริมาณแป้งเปียกของแป้งมันฝรั่งจะมีความหนืดสูงมากเนื่องจากมีกลุ่มฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ และในแป้งขนมปังที่มีที่มาจากข้าวสาลี ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับข้าวฟ่างจะมีคุณสมบัติความหนืดปานกลาง ความคงทนต่อแรงเฉือนปานกลาง และมีอัตราการคืนตัวสูง ช่วงอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดจะอยู่ในช่วง 80-85 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดสอบจะสามารถมีความหนืดได้สูงสุด 900 Brabender units โดยจะประยุกต์ใช้เป็นกำลังตามสมการที่ 3.2

$$P = \frac{2 \times \pi \times N \times T}{60} \quad (3.2)$$

โดยที่ P คือ กำลังที่ส่ง (watt)
 N คือ ความเร็วรอบของเพลลา (rpm)
 T คือ โมเมนต์แรงบิด (N.m)

คำนวณความเร็วรอบในผสม จะอาศัยสมการที่ 3.2

$$\text{รอบที่ใช้งาน} = \left(\frac{n \times D_1}{D_2}\right) \quad (3.3)$$

โดยที่	n	คือ ความเร็วรอบ (rpm)
	D ₁	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ตัวขับ (mm)
	D ₂	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ตัวตาม (mm)

3.2 การทดสอบเครื่องผสมแป้ง

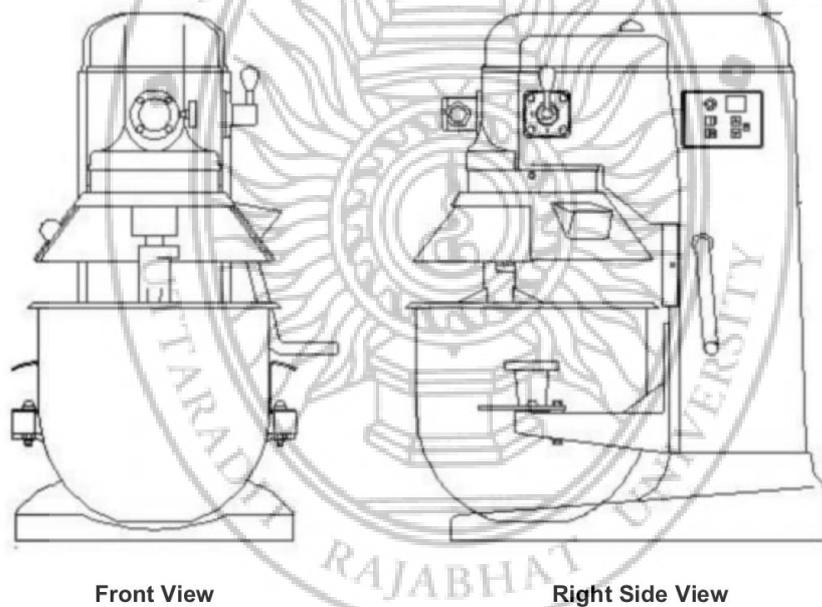
ในกระบวนการทดสอบเครื่องผสมแป้งนั้น ทางนักวิจัยจะทดสอบด้านกำลังการผลิต และคุณภาพแป้งหลังการผสมโดยเครื่องผสม โดยกำลังการผลิตจะทำการจับเวลาการกวนผสมแป้งกับวัตถุดิบอื่น ๆ ที่มีการกำหนดปริมาณให้คงที่และทำการผสมในห้องปิดที่มีความดัน และอุณหภูมิคงที่ เพื่อความความเร็วในการผสม ส่วนในการทดสอบคุณภาพแป้งที่ใช้เครื่องผสมแป้งโดยจะวัดจากการเสื่อมเสียทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความชื้นของเนื้อขนมปังที่ผ่านการอบ ซึ่งควรจะอยู่ในช่วง 30 - 45 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของก้อนขนมปังไม่เล็กกว่าที่ควร ซึ่งอาจมีสาเหตุจากระยะเวลาหมัก และผสมที่สั้น หรือนานเกินไปทำให้อัตราการหมักหยุดชะงัก การม้วนผสมแป้งไม่แน่น หรือหลวมเกินไป และเมื่ออบแล้วผิวบนสุดของขนมปังจะไม่เกิดสีซีด

แนวทางการทดสอบโดยวิเคราะห์จากขนมปังที่ผ่านการผสมนั้น จะทำการอบโดยอุณหภูมิการอบที่ 150 ± 5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการอบขนมปัง และเวลาที่ใช้ในการอบจะใช้เวลาทั้งหมด 35 นาที โดยสถานะเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ทั้งการอบขนมปังจากการกวนผสมปกติ และการกวนผสมจากต้นแบบเครื่องผสมขนมปัง และเมื่อผ่านการอบแล้วจะทำการทดสอบเม็ดสีโดยกระบวนการวิเคราะห์แบบ L*a*b เพื่อนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการออกแบบเครื่องผสมแป้ง

จากการออกแบบเครื่องผสมแป้ง ในขั้นตอนแรก จะได้รูปทรงของเครื่องผสมแป้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งถังผสมแป้งจะมีรูปทรงเป็นทรงกระบอก และด้านฐานล่างเป็นครึ่งทรงกลม



รูปที่ 4.1 แบบทางวิศวกรรมของเครื่องผสมแป้ง

เมื่อทำการคำนวณเพื่อหาปริมาณของถังผสม โดยอาศัยข้อมูลความต้องการของกำลังการผลิตในวิสาหกิจชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่ พบว่าต้องการได้กำลังการผลิต 10 - 12 กิโลกรัมต่อครั้ง เมื่อเทียบเป็นปริมาตรแล้วจะได้ถังผสมปริมาตร 30 ลิตร ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และมีความสูง 40 เซนติเมตร เมื่อได้เครื่องผสมจะได้ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ขนาดถังผสมแป้งขนมปัง

การคำนวณหาแรงบิด

จากข้อมูลของแป้งขนมปังที่ต้องการผสมในบทที่ 3 เมื่อนำมาคำนวณหาค่าแรงบิดที่เหมาะสม จะได้กำลังที่ต้องใช้ประมาณ 580 วัตต์ เมื่อคูณค่าปลอดภัยทางวิศวกรรม จะสามารถใช้ค่าแรงบิดได้ 1,100 วัตต์ โดยมีรอบการผสมที่ 185 รอบต่อนาที มอเตอร์ที่ใช้จึงเป็นมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 220 โวลต์ ความถี่ 50 Hz โดยเมื่อทำการเปิดเครื่องจะมีการเดินมอเตอร์ที่ความเร็วรอบเดินเบาที่ 15 รอบต่อนาที

การคำนวณจะเริ่มจากการหาความเร็วรอบ ซึ่งปกติเครื่องผสมทั่วไปจะต้องใช้ขนาดเล็ก ทางนักวิจัย จึงเลือกออกแบบมู่เล่ขับ และมู่เล่ตาม ตามความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มีขายในท้องตลาดคือ 850 RPM และมู่เล่ตีผสมมอเตอร์ (มู่เล่ขับ) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (15 เซนติเมตร) เพื่อต้องการให้ได้รอบการตามประมาณ 180 - 200 RPM จากสมการที่ 3.3 ทำให้ได้ขนาดมู่เล่ประมาณ 60 เซนติเมตร จากนั้นนำค่ารอบการทำงาน 200 RPM มาหาค่าแรงบิดที่จะใช้ในการผสมแป้ง จากสมการที่ 3.2 ที่ โดยมอเตอร์ 2 แรงม้า คิดเป็น 1,492 watts จะสามารถสร้างแรงบิดได้เท่ากับ 71 นิวตัน.เมตร

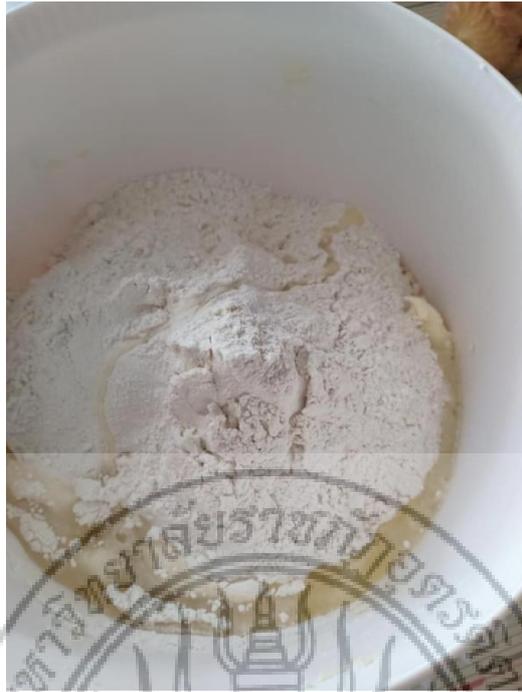


รูปที่ 4.3 เครื่องผสมแป้งขนมปัง

จากรูปที่ 4.3 แสดงแผงควบคุมการทำงานที่เรียบง่ายของเครื่องผสมแป้งขนมปัง โดยด้านซ้ายเป็นปุ่มตัดไปฉุกเฉินเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ปุ่มตำแหน่งกลางเป็นตัวปรับความเร็วรอบโดยมีรอบเดินเบาและรอบทำงาน และปุ่มกดตำแหน่งขวาใช้เปิดเครื่องให้ทำงาน

4.2 การทดสอบการใช้เครื่องผสมแป้งขนมปัง

เมื่อนำเครื่องส่งมอบสู่วิสาหกิจชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่ จังหวัดอุดรดิตถ์ ทางนักวิจัยชุมชนได้ทำการทดสอบเครื่องเพื่อนำมาผสมแป้งเพื่อใช้งานจริง โดยในขั้นตอนการผสม ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ในการผสมส่วนผสม จะเป็นอัตราส่วนที่ทางวิสาหกิจชุมชนได้คิดและคำนวณปริมาณมาเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 4.4 การเตรียมส่วนผสมก่อนนำไปใส่เครื่องกวนผสมแป้งขนมปัง

เมื่อทำการลงผสมในเครื่องแล้วทางนักวิจัยชุมชนได้ทำการนำแป้งที่ผ่านการผสมมาพักด้านนอก เพื่อให้ยีสต์ได้เจริญเต็มที่ในเวลาที่เหมาะสม ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งในการพักแป้งนี้ เวลาในการพักของแป้งแต่ละชนิด และแป้งที่มาจากเครื่องผสมคนละเครื่องจะมีเวลาที่ต่างกัน



รูปที่ 4.5 แป้งที่ปั้นเป็นก้อนแล้วนำมาเข้ากระบวนการพักตัวของยีสต์

ขั้นตอนต่อมาคือ การนำแป้งขนมปังที่มีการพักตัวที่เหมาะสมเข้าเตาอบที่ไฟกลางจนกว่าจะสุก ดังรูปที่ 4.6 โดยมีวิธีสังเกตจากสีด้านบนของขนมปังในขณะที่อยู่ในเตาอบ ทั้งนี้ระยะเวลาในการอบจะใช้ 35 นาที เพื่อให้ขนมปังสุก



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการอบขนมปังในเตา

ในกระบวนการอบขนมปังจะใช้ความร้อนของไฟประมาณ 160 - 170 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30 - 40 นาที และเมื่อพบว่าด้านบนของขนมปังเริ่มมีสีน้ำตาลอ่อน จะแสดงว่าขนมปังเริ่มสุก ให้ปิดเตาแล้วนำขนมปังออกมาพักให้เย็นด้านบนนอกของเตา ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ขนมปังที่ผ่านการอบจนสุกแล้วนำมาพักให้เย็นลง

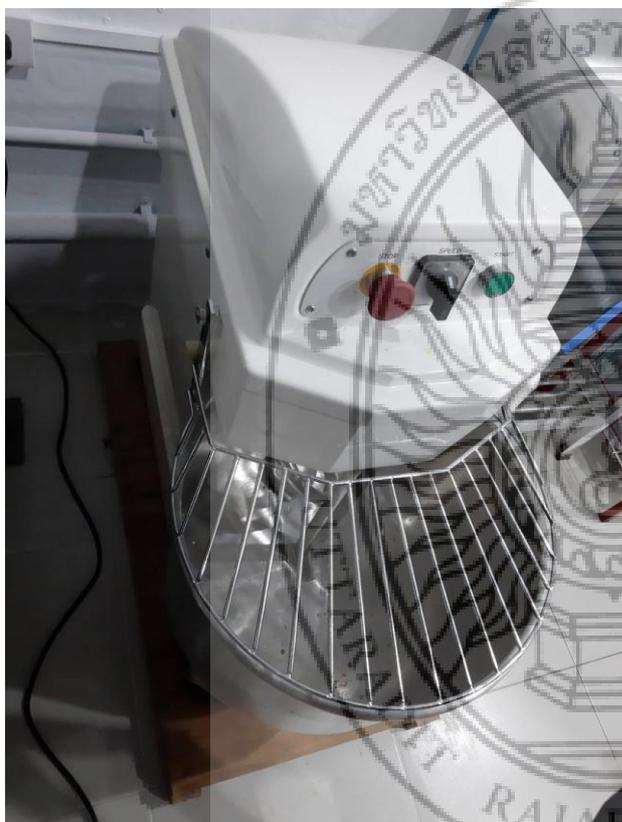
จากการเก็บข้อมูลโดยใช้ตัวแปรคือเวลาในการปั่นให้ส่วนผสมเข้ากัน และเวลาที่ใช้ในการพักตัวของยีสต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 30 นาที เท่ากัน ซึ่งจะใช้น้อยกว่าเครื่องผสมแป้งขนาดเล็กที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป ทำให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตให้แก่วิสาหกิจชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่ได้อีกด้วย

บทที่ 5
สรุปผล

ในเนื้อหาของนี้จะทำการสรุปผลการวิจัยได้ 2 ส่วนคือ ผลการออกแบบและติดตั้งเครื่องผสมแป้ง และผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสม โดยได้ผลดังนี้

ผลการออกแบบและติดตั้งเครื่องผสมแป้ง

จากการออกแบบเครื่องผสมแป้งตามข้อมูลจากวิสาหกิจชุมชนบ้านคลองห้วยไผ่ จังหวัดอุดรธานี ได้เครื่องผสมที่มีปริมาตร 30 ลิตร กำลังการผลิต 10 - 12 กิโลกรัมต่อวัน ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง ขนาด 2 แรงม้า ให้ค่ากำลังบิด 1,100 วัตต์ รอบเดินเบา 15 รอบต่อนาที และมีรอบการทำงานที่ 185 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 5.1



กำลังบิด	1,100 วัตต์
มอเตอร์	2 แรงม้า
ปริมาตร	30 ลิตร
กำลังการผลิต	10-12 กิโลกรัม/วัน
รอบเดินเบา	15 รอบ/นาที
รอบทำงาน	185 รอบ/นาที
ความต่างศักย์	220 โวลต์
ความถี่	50 Hz

รูปที่ 5.1 ผลการออกแบบและติดตั้งเครื่องผสมแป้ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสม

ในหัวข้อการวิเคราะห์คุณภาพนี้จะวิเคราะห์จากคุณภาพภายนอกของขนมปังที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสม เทียบกับขนมปังที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสมทั่วไป



รูปที่ 5.2 การวัดอัตราการขยายตัวของแป้งขณะพักตัวของยีสน์

จากรูปที่ 5.2 แสดงวิธีการวัดอัตราการขยายตัวของแป้งในขณะที่พักตัวของยีสน์ ซึ่งในขั้นตอนการผลิตนี้จำเป็นต้องให้มีการขยายตัวของแป้งโดยมีอากาศเข้าไปแทนที่ เพื่อให้โครงสร้างของเนื้อแป้งมีเส้นใยจำนวนมาก ส่งผลต่อความนุ่มของขนมปัง ซึ่งทางนักวิจัยชุมชนต้องการพักให้แป้งขยายตัวจากขนาด 5 เซนติเมตรเป็น 12 เซนติเมตร เมื่อทำการเก็บข้อมูล พบว่าเวลาที่ใช้ในการขยายตัวของแป้งที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสม ใช้เวลา 15 นาที ส่วนแป้งที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสมทั่วไป ใช้เวลา 20 นาที โดยในการทดสอบจะทดสอบใบนระบบปิดที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในห้องที่มีด ดังแสดงในตารางที่ 5.1

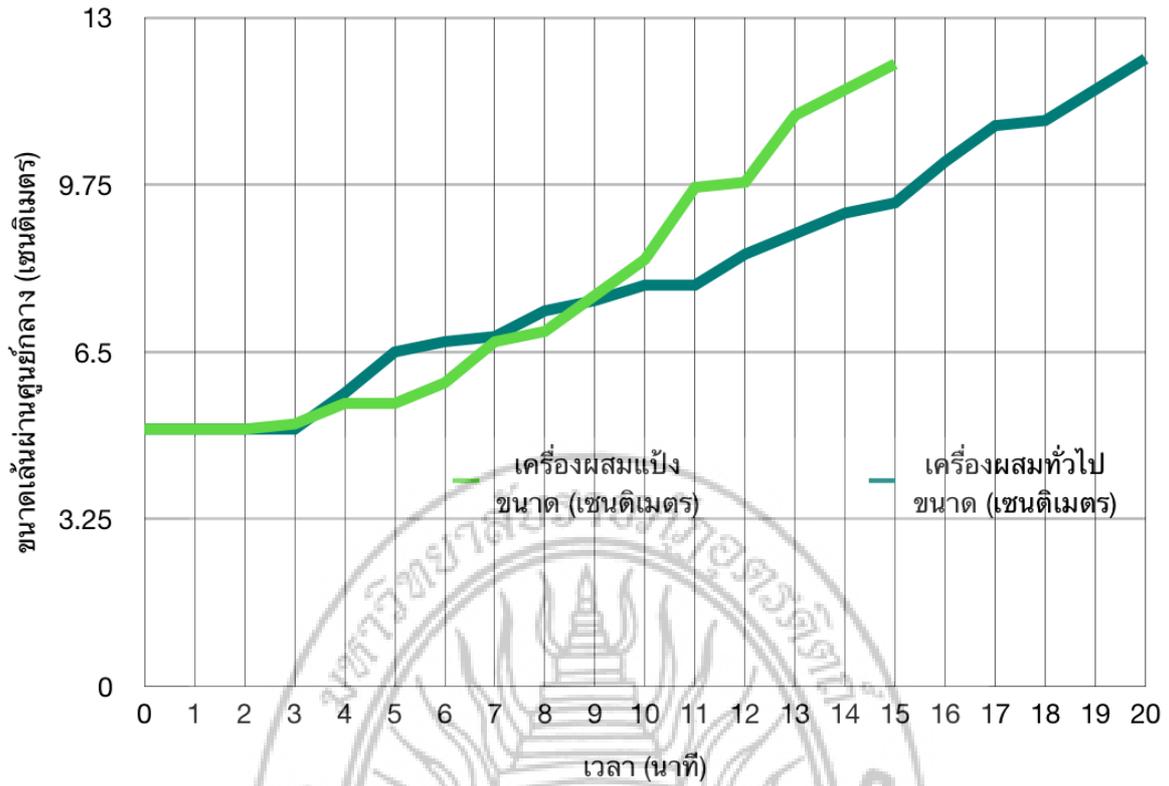
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการขยายตัวของแป้งขนมปังในขณะพักตัวของยีสน์

เวลา (นาที)	เครื่องผสมแป้ง ขนาด (เซนติเมตร)	เครื่องผสมทั่วไป ขนาด (เซนติเมตร)
0	5	5
1	5	5
2	5	5
3	5.1	5
4	5.5	5.7

5	5.5	6.5
6	5.9	6.7
7	6.7	6.8
8	6.9	7.3
9	7.6	7.5
10	8.3	7.8
11	9.7	7.8
12	9.8	8.4
13	11.1	8.8
14	11.6	9.2
15	12.1	9.4
16	-	10.2
17	-	10.9
18	-	11.0
19	-	11.6
20	-	12.2

จากตารางที่ 5.1 พบว่าเมื่อทำการทดลองโดยใช้ส่วนผสมที่เท่ากัน ในสภาวะแวดล้อมเหมือนกัน แป้งที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสมที่ได้ออกแบบมีอัตราการขยายตัวของแป้งคิดเป็น 0.81 เซนติเมตรต่อนาที ส่วนแป้งที่ผ่านการผสมจากเครื่องผสมแป้งทั่วไปจะมีอัตราการขยายตัว 0.61 เซนติเมตรต่อนาที ทำให้แป้งที่ต้องการให้ขยายตัวจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตรเป็น 12 เซนติเมตร แป้งจากเครื่องผสมที่ออกแบบใช้เวลา 15 นาที และแป้งจากเครื่องผสมทั่วไปใช้เวลา 20 นาที เท่ากับว่าจะสามารถลดเวลาการพักตัวได้ 5 นาทีต่อ 1 สูตรการผสม ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ที่แสดงแนวโน้มการขยายตัวของแป้งทั้ง 2 ชนิด

กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มการขยายตัวของแป้งขณะพักตัวของยีสต์



รูปที่ 5.3 แนวโน้มการขยายตัวของแป้งทั้ง 2 ชนิดในขณะพักตัวของยีสต์

ตารางที่ 5.2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ผ่านการผสมและอบจนสุก จากมาตรฐาน CIE L^*a^*b

ลำดับที่ทดสอบ	L	a	b
---------------	---	---	---

	60.266	-0.174	53.460
	64.044	-0.028	54.353
	63.302	-0.253	53.230
	62.198	-2.412	54.615
	63.814	-2.046	58.911

จากตารางพบว่าค่าผลการทดสอบสีของขนมปังที่ผ่านการผสมและอบจนสุกจากมาตรฐาน CIE L*a*b มีค่าใกล้เคียงกันคือ L (60.266 - 64.044), a (-2.412 - -0.174) และ b (23.230 - 38.911) จากการเปรียบเทียบผลกับผลิตภัณฑ์ขนมปังอบกรอบ (ศศิภา เต็กอวยพร) ซึ่งได้แบ่งเกรดคุณภาพไว้คือ เกรด เอ L* 63.82 ถึง 71.81, a* -7.28 ถึง -1.11, b* 51.30 ถึง 57.25, เกรด บี L* 62.42 ถึง 73.00, a* -7.46 ถึง -1.01, b* 50.13 ถึง 57.43 เกรด ซี L* 59.11 ถึง 69.03, a* -5.43 ถึง -0.30, b* 51.84 ถึง 57.78 เกรด ดี L* 56.35 ถึง 65.35, a* -3.18 ถึง 1.12, b* 51.37 ถึง 57.58 และเกรด อี L* 55.61 ถึง 62.42, a* -1.49 ถึง 2.49, b* 49.30 ถึง 54.81 ดังแสดงในตารางที่ 5.3 เกณฑ์แบ่งคุณภาพขนมปังอบ

L*	a*	b*	เกรด คุณภาพ
63.82 ถึง 71.81	-7.28 ถึง -1.11	51.30 ถึง 57.25	A
62.42 ถึง 73.00	-7.46 ถึง -1.01	50.13 ถึง 57.43	B
59.11 ถึง 69.03	-5.43 ถึง -0.30	51.84 ถึง 57.78	C

56.35 ถึง 65.35	-3.18 ถึง 1.12	51.37 ถึง 57.58	D
55.61 ถึง 62.42	-1.49 ถึง 2.49	49.30 ถึง 54.81	E

จะสามารถอ้างอิงได้ว่าขนมปังที่ผ่านการผสมของเครื่องผสม แล้วทำการอบจนสุกที่สภาวะทำงานปกติจะได้ขนมปังอบเทียบเท่าเกรด บี ถึงเกรด เอ เลยทีเดียว ซึ่งเป็นการประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผสมจากเครื่องผสมแป้งที่ได้ออกแบบและติดตั้งในโครงการนี้



บรรณานุกรม

- กรรณา ชัยเสถียร. 2535. การใช้รำข้าวเป็นแหล่งใยอาหารในคุกกี้แคลอรีต่ำ. กรุงเทพมหานคร. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.
- กฤษณะ จันทสิทธิ์ และคณะ. 2561. การพัฒนาเครื่องกวนเนื้อแป้งคุดชนิดควบคุมอุณหภูมิแก๊งอัตโนมัติสำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าศาลา อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี. วารสารวิจัยรำไพพรรณี. ปีที่ 12 ฉบับที่ 1. หน้า 58-67
- วรวิทย์ วรนาวิน. 2550. เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- จรีมาศ ดีอำมาตย์. 2550. ขนบปังกรอบจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิลเพิ่มแคลเซียมจากกระดูกปลา. วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สัมพันธ์ รอดศรี. การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวหอมมะลิผสมแป้งมันเทศและงาดำป่น. กรุงเทพมหานคร. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย
- พินิจ จิรัคคกุล และคณะ. 2558. การศึกษาศักยภาพการผลิตต้นเลาสำหรับก๊าซชีวภาพ. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. ปีที่ 21 ฉบับที่ 1. หน้า 24-29
- ทัสสุ เทค. 2560. อายุการใช้งานเครื่องกวนสแตนเลส. (ออนไลน์) . แหล่งที่มา : <http://www.tasutech.com/cor>. 28 มิถุนายน 2560.
- Thunnop Loakudilok. 2010. Antioxidants composition, antioxidant activities and storage stability of pigmented rice brans and their application as food ingredient in wheat bread. Bangkok. Faculty of Science. Chulalongkorn.