สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ

The Design and Estabishment of the Automatic Mixer Tank

โดย

นายสมเกียรติ ด้วงรอด

นายวันชนะ รานวล

นายสาธิต คำแก้ว

TS
A2227
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 60038
วัน,เดือน,ปี 26 ส.ย. 2549

b 11282169
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2548

ชื่อเรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ

The Design and Estabishment of the Automatic Mixer Tank

ชื่อ-สกุล. นายสมเกียรติ ด้วงรอด

นายวันชนะ รานวล

นายสาธิต ดำแก้ว

สาขา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.จินตนา บุนนาค

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นการศึกษา เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ ที่สามารถใช้งานได้ และมีราคาต้นทุนการผลิตต่ำ วิธีการดำเนินการเริ่มตั้งแต่การศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีการผสมผงปรุงแต่งในท้องตลาด ศึกษาเรื่องความเร็วรอบของการหมุน หลักในการผสม รวมไปถึงวัสดุที่นำมาประดิษฐ์ จากนั้นก็เริ่มสร้างเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ เมื่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ก็เริ่มทำการทดสอบเครื่อง ตรวจสอบความเร็วรอบในการหมุนในระดับที่เหมาะสม ได้ความเร็วรอบประมาณ 10 รอบต่อนาที ภายในถังผสมสามารถบรรจุได้ 3-5 กิโลกรัม และสามารถปรับระดับความสูงของถังผสมได้ 3 ระดับ ประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติปรากฏว่าทำการผสมให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีพอสมควร ใช้เวลาน้อย สะดวกและขั้นตอนการผสมไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิตต่ำ คือ 10,902 บาท (หนึ่งหมื่นเก้าร้อยสองบาทถ้วน) เนื่องจากใช้วัสดุที่ทำในประเทศทั้งหมด ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ มาใช้ประโยชน์ต่อผู้ประกอบการด้านผลิตภัณฑ์อาหารและใช้ในการศึกษาภาคปฏิบัติของนักศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่อง "เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ" ได้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายๆ ท่าน โดยเฉพาะท่านอาจารย์ รศ.ดร. จินตนา บุนนาค ซึ่งได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้ปัญหาพิเศษนี้ถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสุงอำพัน โชติกะพาณิช ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในการจัดสร้างอุปกรณ์

ความดีของปัญหาพิเศษฉบับนี้ ขอมอบให้แด่ คุณพ่อ คุณแม่ อาจารย์ พี่ๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ ตลอดจนผู้ที่มีความเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ความสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ จนทำให้ปัญหาพิเศษครั้นนี้ลุล่วงไปด้วยดี จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่ นี้ด้วย

นายสมเกียรติ ด้วงรอด
นายวันชนะ รานวล
นายสาธิต ดำแก้ว
พฤศจิกายน 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบันภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การผสม	3
2.2 อาหารขบเคี้ยวหรือขนมอบกรอบ	9
2.3 ลักษณะของการกวน	16
2.4 ลักษณะของเครื่องผสมปรุงแต่งรสชาติอาการขบเคี้ยว	18
2.5 เหล็กกล้าไร้สนิม	27
2.6 พูเล่ย์หน้า	35
2.7 สายพาน	35
บทที่ 3 วิธีการสร้างอุปกรณ์	41
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้	41
3.2 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์	45
3.3 สถานที่จัดสร้างอุปกรณ์	51
บทที่ 4 ผลการสร้างอุปกรณ์	52
4.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของแบบที่ออกแบบไว้กับภาพที่สร้างเสร็จ	52
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 คู่มือการใช้เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารแบบอัตโนมัติ..... 55

4.4 การบำรุงรักษาเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ..... 55

4.5 ข้อควรระวัง..... 55

4.6 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องผสม..... 56

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 58

5.1 สรุปผล..... 58

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 58

บรรณานุกรม..... 60

ภาคผนวก..... 62

ภาคผนวก ก แบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง..... 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องผสมของเหลวแบบต่าง ๆ	6
2	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆ	31
3	สรุปผลการประเมินจากช่างผู้เชี่ยวชาญ	54
4	ต้นทุนการประดิษฐ์แต่ละรายการของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารแบบอัตโนมัติ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความเร็วของส่วนผสมในระหว่างการผสม	4
2	ใบผสม	7
3	เครื่องนวดแป้งแบบถังผสมหมุนพร้อมการขยับตัวของตัวนวด	7
4	เครื่องผสมใบผสมรูปซิกมา	8
5	เครื่องผสมของเหลวและผงอาหาร	8
6	เครื่องผสมแบบมีใบผสมริบบิ้น	9
7	ใบพัดกวนในเส้นท่อ	16
8	โครงสร้างของใบพัดกวน	17
9	ทิศทางของเหลวไหลผ่านใบพัด	17
10	การผสมในแนวรัศมี	18
11	การเปลี่ยนทิศทางการไหล	18
12	ทิศทางการไหล	18
13	มอเตอร์	19
14	โรเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส	20
15	สเตเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส	21
16	ลักษณะฝาครอบมอเตอร์สปลิทเฟส	21
17	สวิทช์เซนตริฟูกัลป์	22
18	ลักษณะของมอเตอร์สปลิทเฟส	22
19	ลักษณะของมอเตอร์คาปาซิเตอร์	23
20	สเตเตอร์ของมอเตอร์รีพัลชั่น	24
21	โรเตอร์ของมอเตอร์รีพัลชั่น	24
22	มอเตอร์รีพัลชั่น	25
23	ลักษณะมอเตอร์ยูนิเวอร์แซลที่แสดงให้เห็นโครงเหล็กภายนอก	26
24	ลักษณะแกนขั้วแม่เหล็ก	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ส่วนประกอบของมอเตอร์เซ็คเค็ดโพล	27
26	สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรง	27
27	การตึงสายพานภายนอกและภายใน	38
28	การประกอบสายพาน	39
29	การปรับความตึงของสายพาน	40
30	มอเตอร์	41
31	แกนหมุน	42
32	เฟืองทด	42
33	พูลเล่ย์ตัวที่ 1	42
33	พูลเล่ย์ตัวที่ 2	43
34	ชุดล็อค	43
35	แบริ่ง	43
36	ชิ้นส่วนประกอบโครงเหล็ก	44
37	ถังผสม	44
38	น็อต – สกรู	45
39	สปริง	45
40	ส่วนฐาน	46
41	ถังผสม	46
42	ฝาปิดถังผสม	47
43	การต่อเพลาติดกับถัง	47
44	แท่นวางมอเตอร์	48
45	การติดตั้งมอเตอร์	48
46	การติดตั้งเฟืองทด	49
47	การติดตั้งสายพาน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
48	คันโยก	49
49	เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหาร	50
50	ภาพที่สร้างเสร็จ	52
51	ภาพที่ออกแบบ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ มีการเกษตรเป็นพื้นฐาน ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศเป็นเกษตรกร ในสมัยก่อนสามารถส่งสินค้าเกษตรขั้นพื้นฐานเป็นสินค้าส่งออก ทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก จนถึงปัจจุบันได้มีการนำเครื่องมือเครื่องจักรและเทคโนโลยีจากต่างประเทศเข้ามาเพื่อพัฒนาธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตร ทำให้อุตสาหกรรมเกษตรขยายตัวอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร ก่อให้เกิดสิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่ใช้ในการแปรรูปอาหารเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอาหารขบเคี้ยว ได้แก่ ถั่วกรอบปรุงรส มันฝรั่งทอดกรอบ ฯลฯ ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวแต่ละชนิดต้องมีเครื่องมือหรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น เครื่องผสมและโรยส่วนผสมผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขบเคี้ยวที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารนอกจากเครื่องผสมจะใช้ในการผสมผงปรุงรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายชนิดแล้ว ยังช่วยเพิ่มการจำหน่ายเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวอีกด้วย ปัจจุบันเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารมีราคาแพงเนื่องจากนำเข้าจากต่างประเทศ

จากเหตุผลข้างต้น จึงมีการจัดทำเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวขึ้นนอกจากนี้สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ไม่มีเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขบเคี้ยว อีกทั้งมีงบประมาณจำกัดในการจัดซื้อเครื่องมืออุปกรณ์ดังกล่าว

ดังนั้นจึงทำให้ผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษมีความสนใจ ที่จะทำการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขึ้น โดยการใช้วัสดุที่หาได้ง่ายภายในประเทศและต้นทุนในการผลิตต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ โดยใช้วัสดุภายในประเทศเป็นการลดต้นทุนการนำเข้า เครื่องมือจากต่างประเทศ
3. เพื่อใช้ประโยชน์ในการศึกษาในภาคปฏิบัติของนักศึกษา สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ต้องใช้เครื่องมือนี้ในการผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยว

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ได้ทำการออกแบบและศึกษา ชิ้นส่วนประกอบ ได้แก่ มอเตอร์ แผ่นสเตนเลส ในการประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวแบบอัตโนมัติ เพื่อที่จะได้นำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดต่างๆหลากหลาย ต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารหลากหลายชนิด
2. ได้เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารที่มีราคาต้นทุนในการผลิตต่ำและใช้วัสดุภายในประเทศ ช่วยลดต้นทุนการนำเข้าจากต่างประเทศ
3. นักศึกษาสามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารประกอบการศึกษาในภาคปฏิบัติและการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผสม

การผสมหรือการปั่นผสมเป็นปฏิบัติการเฉพาะหน่วยที่ทำให้ส่วนผสมตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยการกระจายส่วนผสมหนึ่งในส่วนผสมอื่นๆ บางครั้งเราเรียกส่วนประกอบที่มีมากกว่าว่าเฟสต่อเนื่อง และที่น้อยกว่าว่าเฟสกระจายคล้ายกับกรณีของอิมัลชัน แต่ในที่นี้ไม่ได้หมายถึงอิมัลชัน การผสมไม่ได้ให้ผลในด้านการเก็บรักษาแต่เป็นกรรมวิธีที่ช่วยในการแปรรูปหรือเพื่อเปลี่ยนคุณภาพการบริโภค กรรมวิธีนี้เป็นที่นิยมมากในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิดเพื่อผสมส่วนผสมอาหารและให้สมบัติการทำงานบางแบบก็ให้ผลด้านการผสมเหมือนกัน

การขึ้นรูปเป็นปฏิบัติการเฉพาะหน่วยสำหรับอาหารซึ่งมีความหนืดสูงหรือมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหมือนโดขนมปัง (dough) แม่พิมพ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน นิยมขึ้นรูปหลังการผสมทันที การขึ้นรูปเป็นกระบวนการที่ช่วยเพิ่มความหลากหลายและความสะดวกสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารอบ (baked food) ขนมขบเคี้ยว (snackfoods) และลูกกวาด (confectionery) โดยไม่มีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาหรือคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร การควบคุมขนาดของชิ้นอาหารที่ขึ้นรูปจัดเป็นจุดวิกฤตในการผลิต เช่น การควบคุมอัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารอบ การควบคุมน้ำหนักของอาหารที่ขนาดใหญ่ขึ้น เช่น ก้อน ขนมปัง หรือเพิ่มความเป็นรูปแบบเดียวกันของอาหารที่ขนาดเล็ก เช่น บิสกิต ลูกกวาด และขนมขบเคี้ยว และการควบคุมน้ำหนักของอาหารที่เติมลงไปเพื่อขึ้นรูป การผสมโดยการดันผ่านเกลียวอัดก็จักเป็นการขึ้นรูปอย่างหนึ่งรวมทั้งเป็นตัวอย่างการเพิ่มขนาดของอาหารด้วย

2.1.1 หลักการผสม

2.1.1.1 ทฤษฎีการผสมอาหารแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมอาหารเหลวและอาหารข้นหนืด การจะผสมอาหารแข็งที่เม็ดเล็ก ๆ หรือเป็นผงให้เข้ากันโดยสมบูรณ์นั้นเป็นเรื่องยากมาก ระดับของการผสมขึ้นอยู่กับ

1. ค่าสัมพัทธ์ของขนาดอนุภาครูปร่างและความหนาแน่นของส่วนประกอบแต่ละชนิด
2. ประสิทธิภาพของเครื่องผสมสำหรับส่วนประกอบเหล่านั้น
3. แนวโน้มที่วัตถุดิบเหล่านั้นจะจับตัวกัน

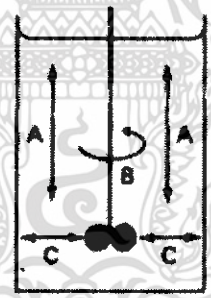
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณความชื้น สมบัติของผิวหน้าและการไหลของส่วนประกอบแต่ละชนิด

โดยทั่วไปวัตถุที่มีขนาด รูปร่าง และความหนาแน่นใกล้เคียงกันจะให้ส่วนผสมที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าวัตถุที่มีความแตกต่างกัน ความแตกต่างของสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้มีส่วนผสมที่ไม่เข้ากันในระหว่างการผสม ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับสมดุลที่เกิดขึ้นระหว่างกลไกของการผสมกับการไม่ผสม กล่าวคือขึ้นกับชนิดของเครื่องผสม สภาวะการทำงาน และชนิดของส่วนผสมในอาหารที่ผสมกันแล้วบางชนิดอาจเป็นเนื้อเดียวกันหลังการผสมเพียงช่วงหนึ่งแล้วเริ่มแยกออกจากกันอีกการควบคุมให้การผสมเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่แน่นอนจึงเป็นเรื่องสำคัญ ถ้ามีการเก็บตัวอย่างจากของผสม 2 ชนิดก่อนเริ่มผสมมาวิเคราะห์ดู ตัวอย่างที่เก็บมาส่วนใหญ่จะประกอบด้วยส่วนผสมหนึ่งแทบทั้งหมด แต่เมื่อเริ่มการผสมแล้วส่วนประกอบของแต่ละตัวอย่างจะเริ่มเหมือนกันและมีส่วนผสมเฉลี่ยเหมือนของผสมที่ผสมเสร็จแล้ว การกำหนดการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสมของอาหารอาจคำนวณได้จากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละส่วนหรือแฟรคชัน (fraction) ในตัวอย่างระหว่างการผสม

2.1.1.2 ทฤษฎีการผสมของเหลว

(ภาพที่ 1) แสดงความเร็วของส่วนผสมที่เกิดขึ้นในระบบของเครื่องผสมดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ความเร็วของส่วนผสมในระหว่างการผสมของเหลว A, ความเร็วในแนวตั้ง B, ความเร็วในแนวหมุน C, ความเร็วในแนวรัศมี

1. ความเร็วในแนวรัศมีเป็นความเร็วซึ่งเกิดในทิศทางนั้นตั้งฉากกับแกนของเครื่องผสม
2. ความเร็วในแนวตั้ง (ขนานกับแกนของเครื่องผสม)
3. ความเร็วในแนวหมุน (tangential)

เพื่อให้เกิดการผสมที่ดีที่สุดต้องเพิ่มความเร็วในแนวตั้งฉากกับแกนของเครื่องและแนวตั้งของเหลวให้มากที่สุดโดยการใช้แบฟเฟิล (baffle) หรือให้แกนของเครื่องผสมหรือใบมีดเอียงเป็นมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผสมของเหลวที่มีความหนืดต่ำต้องทำให้ของเหลวมีการเคลื่อนที่แบบเทอร์บุเลนซ์เพื่อให้ส่วนผสมที่มีการเคลื่อนที่ช้าผสมเข้ากับส่วนผสมที่มีการเคลื่อนที่เร็วกว่า ควรหลีกเลี่ยงการเคลื่อนที่แบบวรเป็นเกลียว (vortex) เพราะชั้นอาหารที่หมุนอยู่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ใกล้เคียงกันจึงไม่เกิดการผสม แต่ของเหลวจะเพียงหมุนรอบเครื่องผสมเท่านั้น

สำหรับการผสมอาเหลวที่มีความหนืดสูง อาหารบดละเอียดหรือขนมปังนั้นต้องมีการกระทำอื่นๆ ร่วมด้วยดังต่อไปนี้

1. การนวดวัตถุดิบกับผนังเครื่องหรือกับวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่ง
2. การม้วนพับอาหารที่ยังไม่ได้ผสมกันเข้าไปในอาหารที่ผสมกันแล้ว
3. การรีดเฉือนเพื่อยืดวัตถุดิบ

การผสมอย่างมีประสิทธิภาพทำได้โดยการทำให้เกิดผิวหน้าใหม่ของอาหารและผสมให้มากครั้งที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มีความหนืดสูง จึงต้องทำให้ใบผสมของเครื่องผสมเคลื่อนที่ไปในวัตถุดิบหรือให้วัตถุดิบเคลื่อนที่เข้ามาในใบผสม

อาหารเหลวส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นนอน-นิวโตเนียน (ความหนืดเปลี่ยนแปลงขึ้นกับอัตราหนืดของความเฉือน) และส่วนใหญ่จะเป็นประเภทซูโดพลาสติก (pseudoplastic) ซึ่งความหนืดจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราเร็วของแรงเฉือน หรือเป็นแบบไดลาเทนท์ (dilatent) ซึ่งความหนืดจะเพิ่มขึ้นพร้อมกับอัตราเร็วของการเฉือนและวิสโคอิลาสติก (viscoelastic) สมบัติด้านการไหลของอาหารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไปในระหว่างผสม การออกแบบเครื่องต้องออกแบบให้สามารถผสมส่วนผสมได้เป็นอย่างดีโดยไม่ทำให้มอเตอร์รับน้ำหนักมากไปหรือทำให้ประสิทธิภาพการผสมลดลง

2.1.2 เครื่องมือ

การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องผสมที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอาหารที่จะนำมาผสมและความเร็วของการผสมเพื่อให้ได้ระดับการผสมที่ต้องการโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด เครื่องผสมแบ่งได้ตามการใช้งานดังนี้

1. เครื่องผสมอาหารเหลวที่มีความหนืดต่ำหรือปานกลาง
2. เครื่องผสมอาหารเหลวหรืออาหารบดที่มีความหนืดสูง
3. เครื่องผสมอาหารที่เป็นผงแป้ง เป็นชิ้นหรือเป็นเม็ด

2.1.2.1 เครื่องผสมสำหรับอาหารเหลวที่มีความหนืดต่ำหรือปานกลาง

มีการออกแบบใบผสม (agitator) หลายชนิดสำหรับผสมของเหลวและรวมถึงการผสมของแข็งที่แขวนลอยในของเหลวหรือการดูดก๊าซผสมกับของเหลวในภาชนะทั้งที่มีแบฟเฟิลและไม่มีแบฟเฟิล ตารางที่ 1แสดงข้อดีข้อเสียของเครื่องแต่ละแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1.1 เครื่องผสมใบพาย (Paddle agitator)

(ดังภาพที่ 2) (a) แสดงใบผสมแบนกว้างซึ่งเป็นแบบที่ง่ายที่สุด ขนาดของใบผสมกว้าง 50-75 % ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องและหมุนด้วยความเร็ว 20-150 รอบต่อนาที มักมีร่อง (pitch) ที่ใบมีดเพื่อส่งเสริมการไหลในแนวตั้งในแทงก์ที่ไม่มีแบฟเฟิล

2.1.2.1.2 เครื่องผสมใบพัด (Impeller agitator)

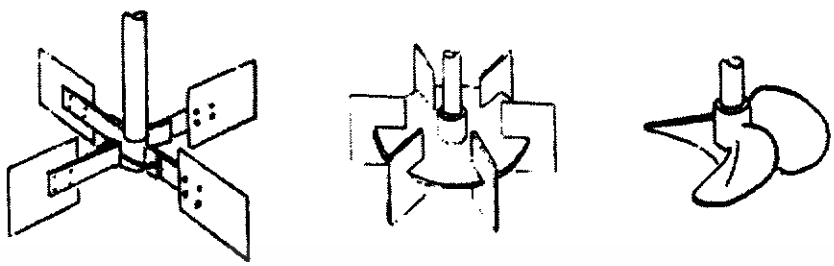
เครื่องผสมนี้จะมีใบผสมตั้งแต่ 2 ใบขึ้นไป ติดอยู่กับแกนหมุนเครื่องผสมใบพัดกังหัน (turbine machine) เป็นเครื่องผสมที่มีใบพัดมากกว่า 4 ใบติดอยู่ด้วยกัน ขนาดของใบผสมเท่ากับ 30-50 % ของเส้นผ่าศูนย์กลางของภาชนะและหมันด้วยความเร็ว 30-5000 รอบต่อนาที ใบผสมอาจแบนเอียงหรือโค้งเป็นรูปคลื่นเพิ่มการไหลในแนวนอนและแนวตั้ง ใบผสมและใบมีดอาจจะติดกับแผ่นดิสก์ (vaneddisc impeller) (ดังภาพที่ 2) (b) ขอบของใบพัดจะแรงเฉือนสูงขณะหมุนจึงนิยมใช้ในการผสมอิมัลชันในตอนต้นกระบวนการ ส่วนใบพัดซึ่งมีใบมีดสั้นคือ สั้นกว่า 1 ใน 4 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของแทงก์เรียกว่าเครื่องผสมใบพัดเรือ (propeller agitator)(ดังภาพที่ 2) (c) ในเครื่องบางแบบจะมีแบฟเฟิลติดอยู่ที่ผนังของภาชนะเพื่อเพิ่มแรงเฉือน ป้องกันการหมุนวนและส่งเสริมการเคลื่อนที่ของของเหลวในแนวตั้งและแนวนอน แต่ต้องทำความสะอาดเครื่องผสมใบพัดเรืออย่างเพียงพอ เครื่องทำงานที่ความเร็วรอบ 400-1500 รอบต่อนาทีและใช้ในการผสมของเหลวให้เข้ากัน ใช้ละลายสารละลายเข้มข้น ใช้เตรียมน้ำเชื่อมน้ำเกลือหรือละลายส่วนผสมต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องผสมของเหลวแบบต่าง ๆ

ชนิดของเครื่องผสม	ข้อดี	ข้อจำกัด
เครื่องผสมใบพาย	ให้การหมุนและความเร็วในแนวรัศมีดี	การไหลในแนวตั้งไม่ดี เกิดการหมุนวนที่ความเร็วสูง
เครื่องผสมใบพายหลายใบ	ให้การไหลเวียนดีทั้ง ใน 3 ทิศทาง	ราคาแพง ต้องการพลังงานสูง
เครื่องผสมใบพัดเรือ	ให้การไหลเวียนดีทั้ง ใน 3 ทิศทาง	ราคาแพงกว่าเครื่องผสมใบพาย
เครื่องผสมใบพัดกังหัน	ให้การผสมดีมาก	ราคาแพงและอาจเกิดการอุดตัน

ที่มา : Fellow (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b) (c)

ภาพที่ 2 ใบผสม: (a) เครื่องผสมใบพาย; (b) เครื่องผสมใบพายติดบนจานดิสก์;
(c) เครื่องผสมใบพัดเรือ

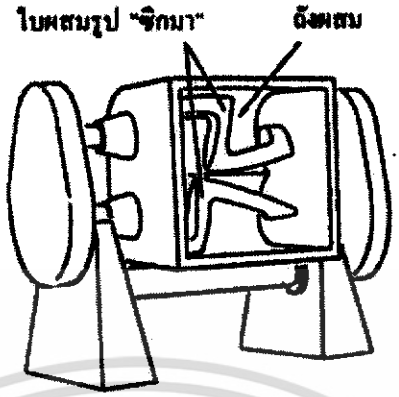
ที่มา : Smith (1985)

2.1.2.2 เครื่องผสมอาหารเหลวหรืออาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีความหนืดสูง

นอกจากเครื่องที่กล่าวมาแล้ว ยังมีเครื่องนวดแป้งชนิดถังผสมอยู่นิ่งกับที่ (stationary pan mixer) เครื่องนวดแป้งแบบถังผสมหมุนพร้อมการขยับตัวของตัวนวด (rotary pan mixer) ดัง ภาพที่ 3 และเครื่องผสมใบผสมรูปซิกมา (sigma blade mixer) (ดังภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 เครื่องนวดแป้งแบบถังผสมหมุนพร้อมการขยับตัวของตัวนวด

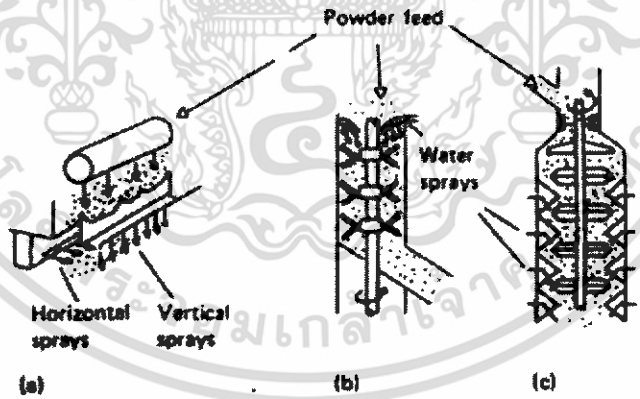
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 เครื่องผสมใบผสมรูปซิกมา

2.1.2.3 เครื่องผสมของเหลวและผงอาหาร (Powder-liquid contacting devices)

มีเครื่องผสมหลายแบบที่ออกแบบมาเพื่อผสมผงอาหารเข้าไปในของเหลวโดยใช้เวลาในการผสมสั้นๆ โดยทั่วไปแล้วเครื่องจะฉีดผงอาหารเข้าไปในสเปรย์ของของเหลวและอาจผสมต่อไปโดยใช้ใบมีหรือแกนหมุน (ดังภาพที่ 5) เป็นตัวอย่างของเครื่องดังกล่าว เครื่องอาจปั๊มผงนี้ผ่านเข้าไปตามท่อซึ่งภายในจะติดตั้งใบมีดสำหรับกวนอยู่



ภาพที่ 5 เครื่องผสมของเหลวและผงอาหาร (a) Neptune Chemix (part);
(b) Schugi mixer, (c) Buss mixer

ที่มา : McDonagh (1987)

2.1.2.4 เครื่องผสมแบบอื่นๆ

การใช้ปั๊มจะช่วยในการผสมได้ระดับหนึ่งเพราะปั๊มจะทำให้เกิดการไหลแบบเทอร์บุเลนซ์ในปั๊มและในท่อ มีปั๊มหลายชนิดที่ใช้สำหรับของเหลวและสารแขวนลอยแบบต่างๆ ดังจะดูรายละเอียดได้จากรายงานของ Leniger และ Beverloc (1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4.1 เครื่องผสมอาหารแห้งผงและอาหารชิ้นเล็กๆ

ตัวอย่างเครื่องผสมอาหารแห้งผงและอาหารชิ้นเล็กๆ ได้แก่ Tumbling Mixer ซึ่งมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกที่หมุนในแนวนอน ภายในบรรจุก้อนวัสดุที่กลิ้งได้ง่าย เมื่อถังหมุนจะมีแรงยกก้อนวัสดุให้สูงขึ้นแล้วปล่อยตกลงมากระแทกวัตถุให้แตกเล็กลง ใช้บดวัตถุที่มีความแข็งมากให้มีขนาดเล็กลงจนเป็นผงละเอียด นอกจากนี้ยังสามารถบดวัตถุในสภาพที่เปียกและแฉะได้ด้วย ตัวอย่างอื่นได้แก่ เครื่องผสมของแข็งแบบมีใบผสมริบบิ้น (ribbon mixer) (ดังภาพที่ 6)

2.1.3 ผลกระทบต่ออาหาร

การทำงานของเครื่องผสมไม่มีผลโดยตรงต่อคุณค่าทางโภชนาการหรืออายุการเก็บรักษาอาหารแต่อาจเกิดผลกระทบทางอ้อม คือ ทำให้องค์ประกอบของอาหารทำปฏิกิริยากันได้ง่ายขึ้น ลักษณะและปริมาณการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นกับองค์ประกอบของอาหารที่เกี่ยวข้อง และจะเกิดเร็วขึ้นถ้ามีความร้อนสูงเกิดขึ้นในเครื่องผสม ในระหว่างการยืดและพับโดขนมปังจะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเรียงตัวและยืดตัวขึ้น ทำให้เกิดกลูเตน พันธะไดซัลไฟด์และพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นทำให้โครงสร้างของกลูเตนแข็งแรงขึ้นและขนมปังมีลักษณะเนื้อสัมผัสตามที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วการผสมจะมีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและคุณสมบัติการทำงานของอาหารมาก ผลโดยตรงคือ จะเพิ่มความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์โดยการกระจายส่วนผสมให้ทั่วกันตลอด ซึ่งจะช่วยเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภคและลดปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตได้ อาหารหลายชนิดจำเป็นต้องผสมให้เข้ากันเพื่อให้สัดส่วนขององค์ประกอบเป็นไปตามมาตรฐานและกฎระเบียบ เช่น ผักรวม ไส้กรอก และผลิตภัณฑ์เนื้ออื่นๆ

ภาพที่ 6 เครื่องผสมแบบมีใบผสมริบบิ้น

2.2 อาหารขบเคี้ยวหรือขนมอบกรอบ (Snack food)

2.2.1 ความหมายของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ที่ผ่านมายังไม่มีการให้ความหมายของคำว่า "อาหารขบเคี้ยว" อย่างชัดเจน เป็นเพียงความพยายามในการที่จะจัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ ในการใช้คำภาษาอังกฤษเมื่อกล่าวถึงผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวนิยมใช้คำว่า Snack food หรือ Snack food products มากกว่าคำว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Snack ที่รู้จักกันดีว่าหมายถึง อาหารว่าง แต่ทั้งนี้ไม่ได้มีการตกลงที่ชัดเจน จึงยังมีการใช้คำต่างๆ เหล่านี้ปะปนกันอยู่ตลอดเวลา

เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวพัฒนามาจากอาหารว่างที่ใช้รับประทานระหว่างมื้อและอาหารว่างหลายชนิดที่มีรูปแบบเหมาะสมสามารถจัดเป็นกลุ่มอาหารขบเคี้ยวได้ด้วยเช่นกัน เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทมันฝรั่งทอด ข้าวโพดคั่ว ถั่วทอด หรือที่เป็นอาหารไทย เช่น ข้าวเกรียบทองม้วน เป็นต้น ส่วนอาหารว่างบางชนิดที่รูปแบบเดิมยังไม่เหมาะสม ก็ได้มีความพยายามในการพัฒนากระบวนการผลิตและรูปแบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เช่น การพัฒนาขนมเค้กที่เดิมต้องผลิตใหม่ๆ ร้อนๆ มาเป็นชนิดที่สามารถเก็บรักษาได้ บรรจุในห่อขนาดเล็กที่สามารถพกติดตัวนำไปรับประทานได้ในโอกาสต่างๆ กัน หรืออาหารไทยบางชนิดที่สามารถเก็บรักษาได้นาน เช่น ข้าวเหนียวแก้ว กาละแม เพราะมีน้ำตาลสูง ก็ได้มีการพัฒนาเรื่องบรรจุภัณฑ์และขนาดบรรจุแทนที่จะผลิตเป็นถาด ตัดแบ่งขายเป็นชิ้น ก็ผลิตสำเร็จรูปในขนาดเป็นชิ้นหรือพอคำห่อด้วยกระดาษเคลือบพลาสติก บรรจุใส่ถุงทำให้รับประทานได้ง่ายขึ้น

ดังนั้นเมื่อกล่าวถึง “อาหารว่าง” และ “อาหารขบเคี้ยว” ในความหมายของการนำมารับประทานระหว่างมื้อก็สามารถหมายถึงอาหารชนิดเดียวกันได้เพราะอาหารขบเคี้ยวสามารถนำมารับประทานเป็นอาหารว่างได้ แต่อาหารที่ใช้รับประทานเป็นอาหารว่างมิใช่จะจัดเป็นอาหารขบเคี้ยวได้ ต้องพิจารณารูปแบบและลักษณะของอาหารเสียก่อน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว หมายถึง ผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานได้โดยง่าย สามารถรับประทานได้ทันทีหรือไม่ต้องเสียเวลาจัดเรียงมากนัก สะดวกในการพกติดตัวใช้รับประทานเป็นอาหารว่างหรือในโอกาสต่างๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ โดยไม่มีวัตถุประสงค์ที่จะใช้เป็นอาหารหลัก

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวนับว่ามีบทบาทในวิถีการดำรงชีวิตของผู้บริโภครุ่นใหม่เป็นอย่างยิ่งดังจะเห็นได้ว่า มีการจัดวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวในร้านค้าทั่วไปจำนวนมากละมีผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เข้าสู่ท้องตลาดอยู่ตลอดเวลา

เทคโนโลยีการผลิตอาหารขบเคี้ยวนับได้ว่า เป็นกระบวนการที่ประยุกต์มาจากเทคโนโลยีการผลิตอาหารประเภทอื่น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจะไม่ยุ่งยากมากนักหากมีความเข้าใจพื้นฐานที่ดีเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นมาแล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 พัฒนาการของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (Snack food) พัฒนามาจากอาหารที่ใช้รับประทานระหว่างมื้อที่เรียกกันว่า อาหารว่าง

การรับประทานอาหารว่างมีเหตุผลแตกต่างกันไปแต่ละคน บางคนรับประทานด้วยความเคยชินที่เป็นวัฒนธรรมในครอบครัวหรือในท้องถิ่น เป็นการใช้โอกาสในการพบปะพูดคุยเพื่อเพิ่มความใกล้ชิดสนิทสนม บางคนใช้เป็นโอกาสเพื่อกิจกรรมในสังคมในการได้พบปะผู้คนในสังคม ตามความจำเป็นของหน้าที่การงานหรือธุรกิจ บางคนใช้เป็นเวลาเพื่อการพักผ่อน บางคนรับประทานด้วยเหตุผลในเชิงสุขภาพ เพื่อให้ได้รับอาหารมากขึ้นเป็นต้น

อาหารใดก็ตามที่นำมารับประทานระหว่างมื้ออาหารจะเรียกว่า อาหารว่าง ดังนั้นอาหารว่างจึงมีหลากหลายชนิด โดยมากเป็นอาหารที่จัดเตรียมได้ง่ายไม่มีส่วนประกอบมากมายและมีปริมาณการบริโภคในแต่ละครั้งไม่มาก ตัวอย่างของอาหารว่างที่นิยม เช่น ขนมปังหรือคุกกี้กับน้ำชา ขนมเค้กกับกาแฟ แซนด์วิชขนาดเล็กกับชาหรือกาแฟ ต่อมามีการพัฒนาอาหารชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น น้ำผลไม้ เครื่องดื่มนมปั่น ถั่วอบหรือทอด มันฝรั่งทอด ข้าวโพดคั่ว สำหรับอาหารไทยที่นับว่าเป็นอาหารพื้นบ้านมีหลายชนิด เช่น สาคูไส้หมู ข้าวเกรียบปากหม้อ กระทงทอง เมี่ยงคำ ข้าวต้มมัด ข้าวเกรียบทอด ทองม้วน นางเล็ด รวมไปถึงอาหารประเภทขนมจีบซาลาเปา หมูสะเต๊ะ ที่ประยุกต์มาจากอาหารของชาติอื่น และประเภทที่เป็นอาหารหวาน เช่น เต้าส่วน วุ้นตะโก้ ขนมหม้อแกง ทองหยิบ ฝอยทอง สังขยาฝักทอง เป็นต้น

การพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารว่างในระดับสากลกล่าวกันว่าได้เริ่มกันอย่างจริงจังเมื่อหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 มีการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตพัฒนาส่วนผสมที่ใช้ปรุงรส และรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้อาหารว่างน่ารับประทานและสะดวกมากยิ่งขึ้น มีการพัฒนาและทำการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous process) แทนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (batch process) เพื่อช่วยให้การผลิตเป็นไปอย่างรวดเร็วและสามารถผลิตอาหารได้จำนวนมาก การพัฒนาบรรจุหีบห่อที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้นานขึ้นและมีคุณภาพดี

เทคโนโลยีการผลิตอาหารขบเคี้ยวที่ได้นำความรู้ทางเคมีและฟิสิกส์มาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเป็นที่รู้จักกันดี คือ เทคโนโลยีของเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ (extruder) ที่ช่วยผลิตอาหารประเภทพองกรอบโดยมีรูปร่างและขนาดต่างๆ กัน เป็นที่นิยมแพร่หลายของผู้บริโภค

อาหารว่างหลายชนิดที่ได้พัฒนารูปแบบที่เหมาะสมจึงสามารถเข้าสู่ความต้องการของผู้บริโภคได้โดยง่ายก่อให้เกิดพฤติกรรมในการรับประทานอาหารที่ไม่เป็นเวลาที่แน่นอนจนยากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดว่าเป็นอาหารว่างในช่วงเวลาใด เพราะมีการรับประทานในทุกโอกาสตามแต่ผู้บริโภคแต่ละคนต้องการ

จากพฤติกรรมการบริโภคอาหารจุบจิบ (nibble type products) ดังกล่าว จึงทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากอาหารว่างที่ใช้รับประทานทั่วไปให้มีลักษณะเฉพาะ ที่สะดวกต่อการบริโภคมากขึ้นในทุกโอกาสไม่ต้องเสียเวลาจัดเตรียม การจะเรียกว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างอาจก่อให้เกิดความสับสน เพราะไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภค การรับประทานมิใช่รับประทานเฉพาะในเวลาอาหารว่างเท่านั้น แต่มีการรับประทานในเวลาต่างๆ กัน และยังมีอาหารว่างอื่นอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้พัฒนารูปแบบที่เหมาะสมที่จะจัดอยู่ในอาหารกลุ่มใหม่นี้ ด้วยเหตุผลนี้จึงมีการเรียกผลิตภัณฑ์กลุ่มใหม่นี้ว่า "ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว"

2.2.3 ความสำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวในเชิงธุรกิจ

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทุกวัย โดยเฉพาะวัยเด็ก วัยรุ่น วัยทำงาน เนื่องจากมีการพัฒนารูปแบบที่สอดคล้องกับความต้องการ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และเกิดผลที่มีความสำคัญในเชิงธุรกิจ ดังนี้

2.2.3.1 การขยายตัวของธุรกิจการผลิตและจำหน่ายอาหารขบเคี้ยว

ธุรกิจผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างกว้างขวางทั้งในเชิงการผลิตและจัดจำหน่ายในปี พ.ศ. 2538 มีมูลค่าถึง 4,000 ล้านบาท และแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 6 ประเภท คือ อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากแป้ง ถั่วอบกรอบ มันฝรั่งทอดกรอบ ข้าวเกรียบกุ้ง ปลาหมึก ปลาเส้น และข้าวโพด โดยมีตลาดผลิตภัณฑ์ประเภทแป้งปรุงรสเป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุด

ตลาดอาหารขบเคี้ยวนั้นมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง เพราะผู้บริโภคไม่ยึดติดกับชื่อหรือยี่ห้อมากนักจึงทำให้อาหารขบเคี้ยวมีอายุตลาดค่อนข้างสั้น เข้ามาในตลาดได้ง่ายแต่ในเวลาเดียวกันก็ออกจากตลาดได้ง่ายเช่นกัน จึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ สามารถเข้าสู่ตลาดได้ตลอดเวลา นับว่ามีการแข่งขันค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวในตลาดที่มีการแข่งขันกันสูงจึงจำเป็นที่ผู้ผลิตจะต้องสร้างจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ให้ชัดเจน กลยุทธ์ที่สำคัญ ได้แก่ การเน้นคุณภาพที่ไม่เหมือนใคร หรือแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เช่น เน้นรสชาติ รูปแบบ คุณค่าทางโภชนาการ ตลอดจนภาชนะบรรจุให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย รวมไปถึงกลยุทธ์ทางการตลาดต่างๆ ที่จะช่วงชิงส่วนแบ่งตลาดให้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการที่ผลิตภัณฑ์มีอายุตลาดค่อนข้างสั้น จึงจะสังเกตเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีผู้ผลิตออกมาจำนวนมาก โดยอาจมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบไปบ้างเล็กน้อยและการใช้ช่องทางการค้าต่างๆ กัน โดยที่ยังอาจเป็นผู้ผลิตรายเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้มีตัวตายตัวแทนซึ่งกันและกัน หากสินค้าชนิดหนึ่งไม่ได้รับความนิยม ก็ยังมีสินค้าอีกชนิดหนึ่งอยู่ในตลาดเพื่อยึดครองตลาดบางส่วนไว้ก่อนสำหรับเป็นช่องทางให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ออกมาแทน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ (health snack food) มีแนวโน้มที่จะได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะนอกจากรับประทานเป็นอาหารว่างหรือรับประทานเพื่อประทังความหิวแล้วยังให้คุณค่าทางโภชนาการที่สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคยุคใหม่ที่ให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพของตนเองมากยิ่งขึ้น

2.2.3.2 การขยายตัวของธุรกิจส่วนประกอบอาหารและเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต

การที่ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจึงทำให้เกิดความต้องการส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต โดยเฉพาะส่วนประกอบที่ใช้ในการปรุงรสที่จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเอกลักษณ์หรือจุดเด่นเฉพาะตัวนอกจากนี้ยังต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการพกติดตัวและการนำไปรับประทานและเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตที่สามารถผลิตอาหารได้จำนวนมาก ผลิตได้ง่าย และมีต้นทุนต่ำ

เทคโนโลยีการผลิตที่นับได้ว่าเป็นผลมาจากการพัฒนาธุรกิจอาหารขบเคี้ยว ได้แก่ เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ ที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว และได้นำไปใช้ในการผลิตอาหารขบเคี้ยวหลายชนิดทั้งในการผลิตอาหารชนิดใหม่ เช่น ประเภทอาหารพองกรอบ หรือนำไปใช้ทดแทนวิธีการผลิตเดิม เช่น นำไปแทนการทอด การอบ การคั่ว ดังเช่นตัวอย่างของมันฝรั่งทอดที่เคยใช้การหั่นเป็นชิ้นบางแล้วนำไปทอดก็สามารถนำส่วนผสมของเนื้อมันฝรั่งและเครื่องปรุงรสเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ออกมาเป็นชิ้นๆ รูปร่างต่างๆ กัน การขยายตัวของธุรกิจอาหารขบเคี้ยวจึงมีส่วนช่วยให้เกิดการขยายตัวของอุตสาหกรรมอาหารโดยรวม

2.2.3.3 การพัฒนาธุรกิจอาหารเสริม

จากการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหาร พบว่าผู้บริโภคบางกลุ่ม คือ เด็กวัยรุ่น หญิงมีครรภ์ และหญิงให้นมบุตร มีความเสี่ยงต่อการได้รับสารอาหารบางชนิดไม่เพียงพอและเกิดปัญหาสุขภาพได้ โดยเหตุนี้จึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเพื่อช่วยให้ผู้บริโภคดังกล่าวสามารถได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้น เช่น การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวที่มีโปรตีนและพลังงานสูงสำหรับเด็กและหญิงมีครรภ์ อาหารขบเคี้ยวที่มีวิตามินเอสูงสำหรับที่มีความเสี่ยงต่อการขาดวิตามินเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้การที่ผู้บริโภครับประทานอาหารขบเคี้ยวกันมากจนเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภครับประทานมากเกินไปจนไม่สามารถรับประทานอาหารมื้อหลักได้เพียงพอ และก่อให้เกิดปัญหาของการขาดสารอาหารได้เช่นกัน เพราะอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตขึ้นมิได้มีจุดมุ่งหมายที่จะใช้เป็นอาหารหลัก จึงมิได้มีคุณค่าโภชนาการที่สมบูรณ์ ดังจะเห็นได้จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารขบเคี้ยวประเภทแป้งปรุงรสที่จัดว่าเป็นกลุ่มใหญ่ในท้องตลาดมีโปรตีนเฉลี่ยเพียงร้อยละ 5.3 ของน้ำหนักแห้งเท่านั้น จึงทำให้เกิดการตื่นตัวในการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพขึ้นมาเป็นกลุ่มพิเศษอีกกลุ่มหนึ่ง ได้มีการทดลองใช้วัตถุดิบที่มีภายในประเทศหลายชนิด เช่น ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า ถั่วเขียว ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง ช่วยปรับปรุงปริมาณโปรตีนขึ้นสูงถึงร้อยละ 15.0 – 21.8 ของน้ำหนักแห้ง

การพัฒนาธุรกิจอาหารเสริมประเภทอาหารขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ (Health snack foods) มีแนวโน้มในการขยายตัวมากยิ่งขึ้น ทั้งเพื่อคุณค่าทางโภชนาการให้มากขึ้นสำหรับผู้บริโภคทั่วไป ดังที่กล่าวมาข้างต้นหรือสำหรับนักกีฬาที่ต้องการอาหารพลังงานสูงและการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการให้เหมาะสมกับผู้บริโภคบางกลุ่ม เช่น อาหารขบเคี้ยวที่มีไขมันต่ำ อาหารขบเคี้ยวสำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน อาหารขบเคี้ยวสำหรับผู้ที่ต้องการลดหรือควบคุมน้ำหนัก อาหารขบเคี้ยวที่มีใยอาหารสูง เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยได้การขยายตัวมากยิ่งขึ้นเช่นกัน มีการศึกษาทดลองหลายโครงการที่จะนำไปสู่การพัฒนาในอนาคต เช่น การทดลองนำวัตถุดิบที่มีภายในประเทศที่มีราคาถูก เช่น แกนสับปะรดที่เป็นส่วนเหลือจากโรงงานสับปะรดกระป๋อง และเปลือกถั่วเหลืองจากโรงงานผลิตนมถั่วเหลืองมาใช้ในการเสริมใยอาหารของอาหารขบเคี้ยวแทนการใช้รำข้าวสาลี รำข้าวโอ๊ต รำข้าวเจ้า ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ การทดลองใช้แป้งถั่วเหลืองในการเสริมโปรตีนและกรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นต้น

2.2.4 ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเป็นกลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่มีหลายชนิด และเป็นกลุ่มที่อยู่ระหว่างการพัฒนา จึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมาอยู่ตลอดเวลา การให้ความหมายหรือแม้แต่การจัดแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจึงยังไม่มีการกำหนดที่ชัดเจน แต่มีการจัดแบ่งประเภทที่แตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

การจัดแบ่งตามประเภทของส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเภทแป้ง มันฝรั่ง นม เนื้อสัตว์ ถั่ว ผลไม้ ช็อกโกแลต ลูกอมหรือลูกกวาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดแบ่งประเภทตามอุณหภูมิอาหารขณะเสิร์ฟ เป็นประเภทร้อน (hot snack) เช่น พิซซ่าขนาดเล็ก ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป ปอเปี๊ยะทอด ครัวซองสอดไส้ (filled croissants) หรือที่เป็นประเภทเย็น เช่น โยเกิร์ต คุกกี้ ผลไม้อัดเป็นแท่ง ช็อกโกแลต

การจัดแบ่งตามอายุการเก็บรักษา โดยจัดแบ่งเป็นประเภทที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นไม่เกิน 7 วัน เช่น พาสตา (pasta) พาย (pie) แซนด์วิช ซึ่งเป็นกลุ่มของอาหารคาว (savory snack) และน้ำผลไม้ และเค้กผลไม้ซึ่งเป็นกลุ่มอาหารหวาน (sweet snack) และประเภทที่มีอายุการเก็บรักษานาน คือ เก็บได้นานกว่า 7 วัน โดยมากเป็นประเภทอาหารหวานมากกว่าอาหารคาว เช่น ผลไม้อัดเป็นแท่ง (fruit bar)

การจัดแบ่งตามประเภทกรรมวิธีการผลิต โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภทที่ผลิตด้วยวิธีเอกซ์ทรูดและประเภทที่ผลิตด้วยวิธีอื่นๆ ที่ไม่ใช่วิธีเอกซ์ทรูด เช่น อบ คั่ว ทำให้แห้ง ฯลฯ อย่างไรก็ดี การจัดแบ่งตามวิธีอื่นที่ไม่ใช่วิธีเอกซ์ทรูดไม่เป็นที่นิยมมากนัก เพราะผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวแต่ละชนิดใช้กรรมวิธีการผลิตหลายๆ ชนิดด้วยกัน และผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันก็สามารถใช้วิธีหลายชนิดได้เช่นกัน จึงทำให้ยากต่อการจัดแบ่งที่ชัดเจน

ทั้งนี้ได้มีการจัดแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารตามส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว หากจะจัดแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวตามส่วนประกอบซึ่งเป็นวิธีที่นิยมทั่วไปตามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วอาจทำให้เกิดความสับสนได้ ด้วยเหตุนี้จึงขอจัดแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวตามวิธีการผลิตดังต่อไปนี้

2.2.4.1 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยวิธีเอกซ์ทรูด

ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้จัดเป็นกลุ่มอาหารขบเคี้ยวที่พบมากในท้องตลาด จากการสำรวจชนิดของอาหารขบเคี้ยวในปี พ.ศ. 2533 พบว่า อาหารแป้งปรุงรสและข้าวเกรียบกุ้งที่ผลิตด้วยวิธีเอกซ์ทรูดมีส่วนแบ่งของตลาดสูงถึงร้อยละ 45 โดยสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวชนิดอื่น เช่น ถั่วอบกรอบ ข้าวโพดคั่ว ปลาหมึกเส้น ปลาเส้น และมันฝรั่งทอดอย่างชัดเจน

วิธีเอกซ์ทรูด (Extrusion) เป็นกรรมวิธีการผลิตอาหารที่ผสมผสานวิธีต่างๆ ให้เบ็ดเสร็จอยู่ภายในเครื่องที่ใช้ในการผลิต ที่เรียกว่า เครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ (Extruder) วัตถุดิบที่ใช้จะถูกผสม คลุกเคล้า นวดให้เข้ากันภายใต้สภาวะความดันและถูกทำให้สุกด้วยความร้อน และถูกแรงดันให้ไหลผ่านช่องหรือรูเล็กออกมากระทบกับบรรยากาศภายนอกที่ต่ำกว่า ทำให้อาหารเกิดการพองตัว มีน้ำหนักเบา และมีความกรอบ อาหารที่ได้สามารถนำไปคลุกเคล้ากับเครื่องปรุงรสเพิ่มเติมหรือนำไปทอดหรืออบได้หากต้องการวิธีเอกซ์ทรูดเป็นวิธีที่ผลิตได้ง่าย สะดวก มีประสิทธิภาพ และสามารถปรับใช้ส่วนผสมต่างๆ กันได้ง่าย เป็นที่นิยมของผู้ผลิตจำนวนมากและยังได้รับความนิยมในการนำไปผลิตอาหารชนิดอื่นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เครื่องเอกซ์ทรูดในการผลิตอาหารอบบางชนิด เช่น คุกกี้ ขนมปังกรอบเค็ม หรือในการผลิตอาหารประเภทข้าวเกรียบ เป็นต้น

วิธีการผลิตที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะพิจารณาจากกรรมวิธีที่มีส่วนให้ลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น ในที่นี้จะขอกล่าววิธีการผลิตบางวิธี ดังนี้

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยวิธีการทอด เช่น มันฝรั่งทอด ข้าวเกรียบ กะหรี่ปั๊บ ถั่วทอด นัททอด เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยวิธีการอบหรือคั่ว เช่น ถั่วอบ นับอบ ขนมปังกรอบ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยวิธีการทำให้แห้ง เช่น ปลาหมึกเส้น ปลาเส้น เนื้อเค็ม เนื้อสวรรค์ ผลไม้แห้ง เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประเภทอัดหรือปั้นเป็นแท่งหรือขึ้นรูป เช่น ช็อกโกแลต ลูกอม ผลไม้อัด เป็นแท่ง (คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชา , 2541 : 219 - 226)

2.3 ลักษณะของการกวน

<u>เครื่องกวนในเส้นท่อ</u>

เครื่องกวนในเส้นท่อที่อยู่กับที่ (Static Mixer) เป็นเครื่องกวน ที่มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ housing pipe และ non - moving mixing elements ของเหลวจะผสมกันในขณะที่ไหลผ่านเครื่องกวน (ดังแสดงในภาพที่ 7)

<u>ภาพที่ 7</u> ใบพัดกวนในเส้นท่อ

2.3.1 โครงสร้าง

ส่วนสำคัญ (Element) แต่ละอันจะมีลักษณะเป็นแผ่น บิดทำมุม 180 องศา ไปทางซ้ายและขวา อันที่บิดไปทางขวาและซ้ายนี้จะวางเรียงสลับกันไปในท่อ และ ชิ้นที่วางติดต่อกันนั้น จะวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำมุม 90 องศา ต่อกัน ความยาวของแต่ละอันจะยาวเป็น 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและจำนวนขด ที่จะใช้นั้น ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานของการกวนในรูปแบบต่าง ๆ(ดังแสดงในภาพที่ 8)

ภาพที่ 8 โครงสร้างของใบพัดกวน

2.3.2 หลักการผสม

การผสมกับที่ (Static Mixer) ภายในการผสมจะเกิดขึ้นตามขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. การแบ่งการไหลออกเป็นส่วน ๆ (Division of Flow)

เมื่อของเหลวไหลผ่านแต่ละ ใบพัด ของเหลวจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน (ดังสมการที่ 1)

สมการที่ 1 $N = 2n$

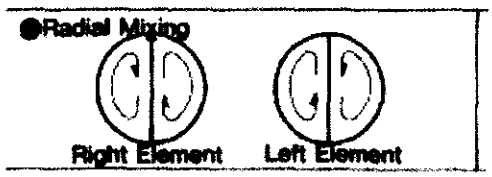
เมื่อ

n = จำนวนใบพัดกวน

ภาพที่ 9 ทิศทางของเหลวไหลผ่านใบพัด

2. การผสมในแนวรัศมี (Radial Mixing)

เมื่อของเหลวไหลผ่าน ส่วนโค้งของใบพัด ของเหลวจะไหลหมุนในแนวรัศมีออกไปยังผนังท่อหรือไหลหมุนกลับมายังบริเวณศูนย์กลางท่อ (ดังแสดงในภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 การผสมในแนวรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60038

3. การเปลี่ยนทิศทางของการไหล (Flow Reversal)

เมื่อของเหลวไหลผ่าน ใบพัดแต่ละอัน ทิศทางของการไหลจะสลับกันไประหว่างซ้ายและขวา(ดังแสดงในภาพที่ 11)

ภาพที่ 11 การเปลี่ยนทิศทางการไหล

เมื่อใช้เครื่องกวนในการผสมของเหลวความหนืดสูง เช่น โพลีเมอร์ที่กำลังหลอมละลาย หลักการสำคัญที่เกี่ยวข้องคือ การแบ่งการไหลออกเป็นส่วน ๆ (Flow division) และการผสมในแนวรัศมี (radial wixing) เมื่อมีการทำงานในสองหน้าที่นี้จะทำให้เกิดการผสมที่เหมาะสมภายใน (ดังแสดงในภาพที่ 12)

ภาพที่ 12 ทิศทางการไหล แบบ Flow division;และ radial wixing

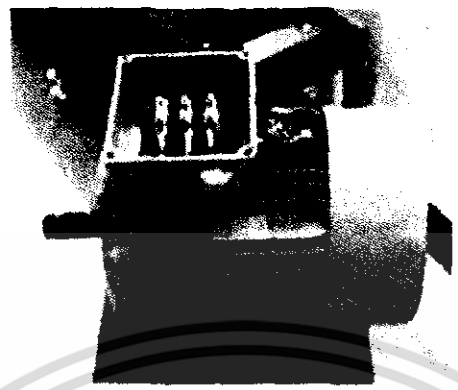
2.4 ลักษณะทั่วไปของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขบเคี้ยว

เครื่องผสมอาหารหรือเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขบเคี้ยวนั้น ตัวเครื่องประกอบด้วย มอเตอร์ ไฟฟ้ากำลังสูง ซึ่งเมื่อกดสวิทซ์ มอเตอร์ก็จะเริ่มทำงาน เครื่องผสมอาหารหรือเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติขนมขบเคี้ยวจะมีตัวถังผสมเป็นรูปวงรีตัวถังจะขับเคลื่อนด้วนมอเตอร์โดยมีสายพานขับจากมอเตอร์ให้ตัวถังหมุนเพื่อผสมผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขบเคี้ยวตัวถังผสมจะทำจากสเตนเลสเพื่อป้องกันการเกิดสนิม

2.4.1 มอเตอร์ (motor)

มอเตอร์ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องต่อการผลิตในอุตสาหกรรมโดยตรง มอเตอร์เป็นแหล่งต้นกำลังที่สามารถได้รับการควบคุมโดยง่ายด้วยขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์จึงทำให้มอเตอร์แพร่หลาย ภายในโรงงานจะมีมอเตอร์มากมาย (ยืน ภู่วรวรรณ, 2544 : 161 – 162) (ดังแสดงในภาพที่ 13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 มอเตอร์

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เราใช้แรงหมุนนี้ไปขับอุปกรณ์ทางกลต่างๆ ในเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง (กฤษดา วิศวธีรานนท์, 2542 : 1)

มอเตอร์ที่ใช้กันทั่วไปแยกได้เป็นสองชนิดคือ มอเตอร์กระแสไฟตรงและมอเตอร์กระแสไฟสลับสำหรับมอเตอร์ไฟตรงนั้นมีข้อดีในแง่การควบคุมซึ่งเราสามารถควบคุมความเร็วได้โดยง่าย แต่ปัญหาในเรื่องแหล่งจ่ายไฟตรงและราคาของมอเตอร์ไฟตรงเป็นข้อจำกัดที่ทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีผู้ใช้งานน้อยลง

ส่วนมอเตอร์ไฟสลับนั้นเราแบ่งแยกออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้สองกลุ่มคือ อินดัคชั่นมอเตอร์ (induction motor) และ ซิงโครนัสมอเตอร์ (synchronous motor) มอเตอร์ที่ใช้งานส่วนใหญ่เป็นอินดัคชั่นมอเตอร์ ซิงโครนัสมอเตอร์มีการใช้งานบ้างในกรณีที่ต้องการให้ความเร็วรอบของการหมุนคงที่ (ยืน ภู่วรวรรณ, 2544 : 162 – 163)

2.4.2 คุณลักษณะของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในรูปของการหมุน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ มอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไป ประกอบด้วย ขดลวด 2 ชุด ซึ่งลำเลียงกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดแรงสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ขดลวดชุดตรึงกับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ ส่วนขดลวดชุดในหมุนได้เรียกว่าอาร์มาเจอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทเครื่องกลที่ใช้งานกันอยู่โดยทั่วไป ภายในอาคาร บ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ได้แก่ พัดลม เครื่องบด เครื่องผสมอาหาร เครื่องปั่น เครื่องซักผ้า ปั๊มน้ำ เครื่องกลึง เครื่องไส เครื่องเจาะ เครื่องเจียระไน เป็นต้น ต่างก็ทำงานด้วยการหมุนขับของมอเตอร์ ดังนั้น มอเตอร์จึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้า ที่ให้กำเนิดพลังงานกลที่จำเป็นมากและสำคัญยิ่งประเภทหนึ่ง (ณรงค์ อาฤทธิ์. 2549 : 1)

อินดั๊กชั่นมอเตอร์หนึ่งเฟสหรือมอเตอร์ไฟสลับหนึ่งเฟสมีหลายอย่างด้วยกันส่วนมากจะเป็นขนาดเล็ก (แรงม้าต่ำ) หรือที่เรียกว่ามีขนาดเป็นเศษส่วนของแรงม้า (fractiol horse power) มีใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ หาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนทั่ว ๆ ไป ตลอดจนเครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ แต่ถ้ามีขนาดเอ้าพุทตั้งแต่ 20 แรงม้าขึ้นไป จะมีใช้ในงานพิเศษเฉพาะอย่างเท่านั้น อินดั๊กชั่นมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล มอเตอร์เซ็ดเด็ดโพรายละเอียดของมอเตอร์ไฟสลับแต่ละแบบจะได้กล่าวต่อไป

2.4.3 มอเตอร์สปลิทเฟส (Split phase motor)

มอเตอร์สปลิทเฟสเป็นมอเตอร์จำพวกเอ้าพุทต่ำที่มีขนาดต่ำกว่าหนึ่งแรงม้า หรือที่เรียกว่าเศษส่วนของแรงม้า มีใช้งานมากมายเช่น เครื่องซักผ้า ปั๊มน้ำขนาดเล็ก ๆ เป็นต้น

2.4.3.1 ส่วนประกอบมีโรเตอร์ สเตเตอร์ ฝาครอบหัวท้าย และสวิทช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัล

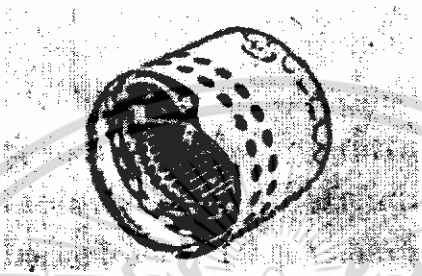
โรเตอร์ โรเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส(ดังภาพที่ 14) ซึ่งประกอบด้วยแกน (core) ที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวบาง ๆ ที่เรียกว่า แผ่นลามิเนท ส่วนแระกอบอันที่สองก็คือเพลา (shaft) เป็นส่วนที่ยึดแกนให้ติดแน่น ส่วนแระกอบอันที่สามคือ ขอลวดสไควเรลเกจซึ่งทำด้วยแท่งทองแดง หรือแท่งอะลูมิเนียม หรือแท่งโลหะผสมดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งแท่งตัวนำเหล่านี้ก็จะอัดเข้าไปในสล๊อทของโรเตอร์ และแท่งตัวนำเหล่านี้จะเชื่อมติดเข้าด้วยกันด้วยแหวนตัวนำทั้งสองข้างของแกน และยังมีครีบพัดลมนำหรับระบายความร้อนด้วย อย่างไรก็ตามตำนำที่ฝังอยู่ในแกนโรเตอร์จะใช้วิธีหล่อ

ภาพที่ 14 โรเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส

สเตเตอร์ สเตเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์ประกอบด้วยแกนที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวลามิเนท ละสล๊อทมีลักษณะเป็นแบบกึ่งปิด (semiclosed slots) โครงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว และมีขอลวดสองชุด ลวดที่ใช้พันขอลวดจะเป็นชนิดที่หุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้าขดลวดนี้จะพันลงไปในสล๊อทของสเตเตอร์ ชดลวดชุดหนึ่งเรียกว่า ขอลวดแมน (main winding) หรือขดรัน (running

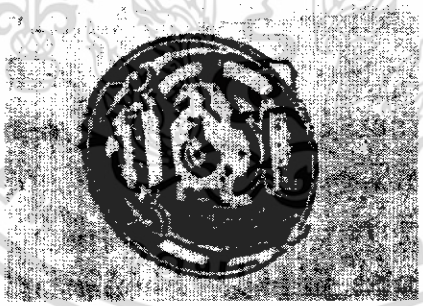
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wingding) และขดลวดช่วย (auxiliary winding) หรือขดสตาร์ท (starting winding) ขดรันจะพันด้วยเส้นลวดทองแดงที่โตกว่าขดสตาร์ท ลักษณะสเตเตอร์ (ดังภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 สเตเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส

ฝาครอบ ฝาครอบหรือฝาปิดหัวท้าย (end plates) ยึดติดกับสเตเตอร์ให้แน่นด้วยสกรูและโบลท์ (screw และ bolt) หน้าที่หลักของฝาครอบก็คือ รองรับโรเตอร์ที่เพลาด้วยแบริ่งให้ได้ศูนย์กลางไม่ให้โรเตอร์สัมผัสกับสเตเตอร์ ลักษณะของฝาครอบ(ภาพที่ 16)



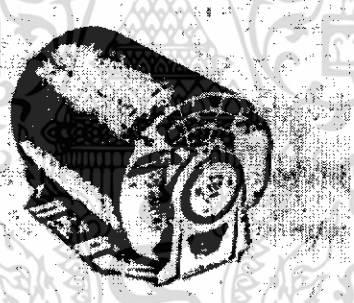
ภาพที่ 16 ลักษณะฝาครอบมอเตอร์สปลิทเฟส

สวิทช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัล สวิทช์ชุดนี้จะติดตั้งอยู่ภายในมอเตอร์มีหน้าที่ตัดขดสตาร์ทออกจากวงจร ภายหลังจากที่โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วเต็มพิกัด แบบที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปประกอบด้วยสองส่วนด้วยกัน คือส่วนอยู่กับที่และส่วนเคลื่อนที่หรือส่วนหมุน (ดังภาพที่17)ปกติแล้วสวิทช์ชุดนี้จะติดตั้งอยู่กับโรเตอร์และฝาครอบหน้าด้านใน (ฝาครอบหน้าหมายถึงฝาครอบด้านที่ไม่มีเพลายื่นออกไป) ส่วนอยู่กับที่จะมีหน้าสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ส่วนอยู่กับที่ ข. ส่วนเคลื่อนที่

ภาพที่ 17 สวิทช์เซนตริฟูกัลป์



ภาพที่ 18 ลักษณะของมอเตอร์สปลิทเฟส

สองอัน เหมือนสวิทช์ SPST หรือสวิทช์หนึ่งขั้วสับทางเดียว และยึดติดกับฝาครอบหน้าด้านใน สำหรับส่วนเคลื่อนที่จะยึดติดกับโรเตอร์

2.4.4 มอเตอร์คาปาซิเตอร์ (Capacitor motor)

มอเตอร์คาปาซิเตอร์จะมีขนาดตั้งแต่ 1/20 ถึง 10 แรงม้า และมีใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น เครื่องทำความเย็น เครื่องซักผ้า ปั๊ม เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

2.4.4.1 ส่วนประกอบ มอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบเหมือนกับมอเตอร์สปลิทเฟสดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ สเตเตอร์ โรเตอร์ ฝาครอบ และสวิทช์เซนตริฟูกัล นอกจากนี้แล้วจะมีคาปาซิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นมาอีก โดยทั่ว ๆ ไปแล้วคาปาซิเตอร์จะติดอยู่ด้านบนของตัวมอเตอร์มีฝาครอบมิดชิด ลักษณะของมอเตอร์คาปาซิเตอร์(ดังภาพที่19)

ภาพที่ 19 ลักษณะของมอเตอร์คาปาซิเตอร์

2.4.5 มอเตอร์แบบรีพัลชั่น (Repulsion type motor)

มอเตอร์แบบรีพัลชั่น แบ่งออกได้เป็น 3 แบบด้วยกัน คือแบบรีพัลชั่นสตาร์-อินดั๊กชั่นรัน และแบบรีพัลชั่น-อินดั๊กชั่น จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละแบบต่อไป

มอเตอร์รีพัลชั่น (Repulsion motor) เป็นมอเตอร์ที่มีแรงบิดในตอนเริ่มเดินสูงเหมือนกับซีรีส์มอเตอร์ (มอเตอร์ไฟตรง) สามารถปรับความเร็วได้ ความเร็วจะสูงมากถ้าไม่มีโหลด มักจะนำไปใช้กับงานที่ต้องการแรงบิดเริ่มเดินสูง ๆ

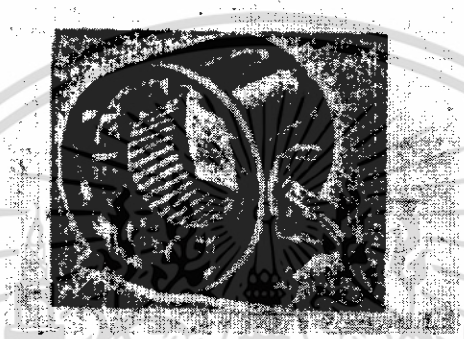
2.4.5.1 ส่วนประกอบ มอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. แกนเหล็กสเตเตอร์ที่ทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนท พันด้วยขดลวดเพียง 1 ชุดเหมือนกับขดรันของมอเตอร์สปลิทเฟส และปกติแล้วจะพันเป็นชนิด 4 โพล หรือ 6 โพล หรือ 8 โพล (ดังภาพที่20)แกนเหล็กโรเตอร์ที่ทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนท ด้านนอกโดยรอบจะเซาะให้เป็นสล๊อท และมีคอมมิวเตเตอร์แบบขนานเพลา (แอ๊กเชียล, axial type) โรเตอร์ชนิดนี้เรียกว่าอาร์มาเจอร์ ขดลวดที่พันลงในสล๊อทเรียกว่าขดลวดอาร์มาเจอร์ และปลายของขดลวดเหล่านี้จะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ด้วย (ดังภาพที่21)ฝาปิด (end plate) ทำด้วยเหล็กหล่อเหนียว มีแบริ่งสำหรับรองรับเพลาของโรเตอร์
2. แปรงถ่าน (carbon brushes) จะบรรจุอยู่ในซองแปรงถ่านที่ยึดติดอยู่กับฝาปิดด้านหนึ่ง แปรงถ่านนี้จะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา แปรงถ่านเหล่านี้จะต่อเข้า

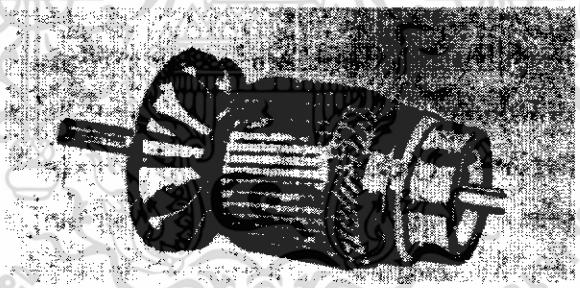
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยกัน แปรงถ่านนี้จะสามารถเลื่อนตำแหน่งไปบนคอมมิวเตอร์ได้ ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะให้ได้ทิศทางการหมุนที่ถูกต้องและได้เอ้าพุทสูงสุด

3. แบริ่งที่อัดติดแน่นกับฝาปิดเพื่อรองรับเพลาของโรเตอร์ไม่ให้ไปสัมผัสกับเตเตอร์ แบริ่งนี้อาจจะเป็นแบบปลอก (sleeve bering) หรือแบบลูกปืน (ball bearing)
6. โครงเหล็กทำด้วยเหล็กหล่อเหนียว เป็นที่จับยึดแกนเหล็กสเตเตอร์

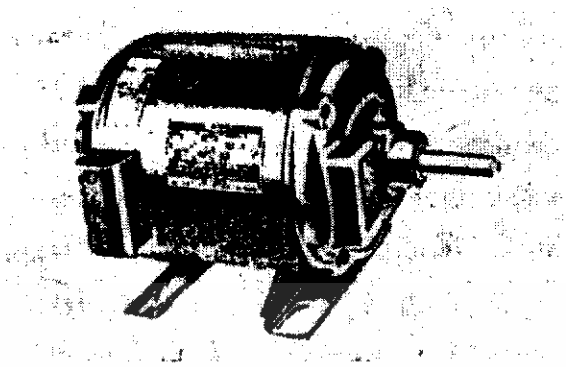


ภาพที่ 20 สเตเตอร์ของมอเตอร์รีพัลชั่น



ภาพที่ 21 โรเตอร์ของมอเตอร์รีพัลชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 22 มอเตอร์รีพัลชั่น

2.4.6 มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล (Universal motor)

มอเตอร์แบบนี้บางทีเรียกว่า ซีรีส์มอเตอร์ (Series motor) สามารถใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงที่แรงดันเท่ากัน ความเร็วเกือบจะเท่ากัน มอเตอร์แบบนี้มีใช้งานอย่างกว้างขวาง และมีขนาดเล็ก ๆ เป็นชนิดเศษส่วนแรงม้า (fractional horsepower) มีใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านทั่ว ๆ ไป เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องบดอาหาร สว่านไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า เป็นต้น

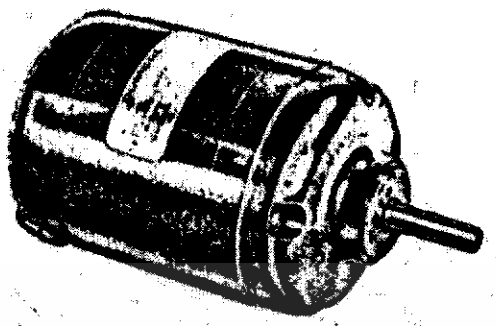
มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล ก็คือ ซีรีส์มอเตอร์ดังได้กล่าวแล้ว มีแรงบิดเริ่มเดินสูง ถ้าทำงานโดยไม่มีโหลดจะหมุนด้วยความเร็วสูงมาก ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อมอเตอร์ได้ ดังนั้นมอเตอร์แบบนี้จึงออกแบบให้หมุนขับอุปกรณ์ที่จะให้ทำงานเสมอ เช่น เครื่องบดอาหาร จะให้มอเตอร์หมุนขับใบมีดอยู่ตลอดเวลา

มอเตอร์แบบนี้มีหลายชนิดด้วยกัน และที่นิยมใช้กันมากก็คือ ชนิด 2-โพล และมีขนาดตั้งแต่ 1/200 ถึง 1/3 แรงม้า

2.4.6.1 ส่วนประกอบ มอเตอร์แบบนี้จะประกอบด้วยโครงเหล็ก แกนขั้วสนามแม่เหล็ก อาร์มาเจอร์ และฝาปิดหัวท้าย

1. โครงเหล็ก บางทีเรียกสั้น ๆ ว่าโครง อาจจะทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวม้วนเป็นรูปทรงกระบอก หรืออะลูมิเนียมหล่อหรือเหล็กหล่อ(ดังภาพที่23) และจะต้องมีขนาดโตพอที่จะยึดแกนขั้วสนามแม่เหล็กได้

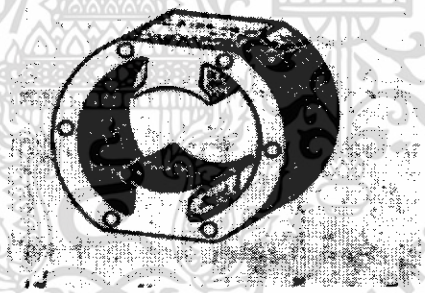
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 23 ลักษณะมอเตอร์ยูนิเวอร์แซลที่แสดงให้เห็นโครงเหล็กภายนอก

2. แกนขั้วสนามแม่เหล็ก ทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนทเหมือนกับแกน

สเตเตอร์ของมอเตอร์แบบต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว จะอัดติดกับโครงด้วยหมุดหรือสกรู (bolt) ที่แกนขั้วสนามแม่เหล็กนี้เองจะยึดขดลวดสนามแม่เหล็กไว้(ดังภาพที่24) และลักษณะขดลวดสนามแม่เหล็ก(ดังภาพที่25)



ภาพที่ 24 ลักษณะแกนขั้วแม่เหล็ก

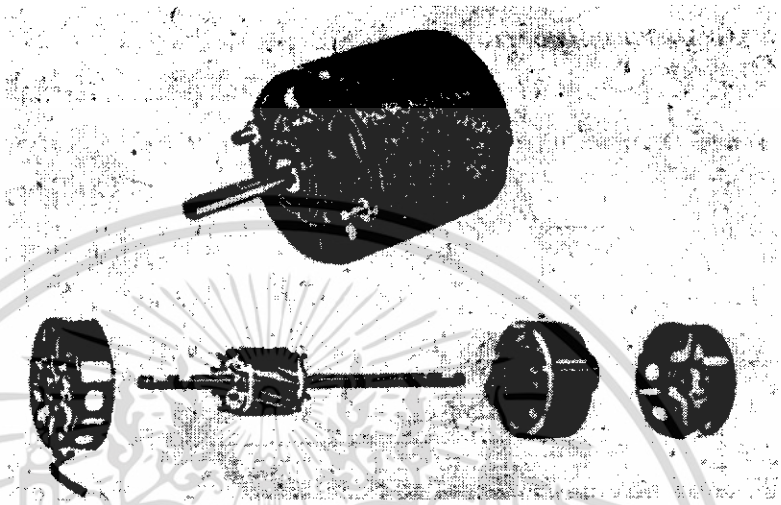
และในกรณีมอเตอร์ในภาพที่ 25 ก็สามารถปฏิบัติได้เช่นเดียวกันโดยให้สลับปลายสายไฟที่ต่อเข้าขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดลวดอาร์มาเจอร์อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

2.4.7 มอเตอร์เช็ดเด็ดโพล (Shaded pole motor)

มอเตอร์เช็ดเด็ดโพล เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งเฟสอีกแบบหนึ่งมีขนาดเล็ก ๆ ตั้งแต่ 1/100 ถึง 1/20 แรงม้า มักจะนำไปใช้กับงานที่ไม่ต้องการแรงบิดเริ่มเดินสูงนัก เช่น พัดลม เครื่องเป่าลม (blower) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7.1 ส่วนประกอบ ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์เช็ดเด็ดโพล คือ สเตเตอร์โรเตอร์ และฝาปิด



ภาพที่ 25 ส่วนประกอบของมอเตอร์เช็ดเด็ดโพล

1. สเตเตอร์ ส่วนที่แกนขดลวดจะทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนทนำมาอัดติดกันเป็นรูปทรงกระบอก ด้านในของแกนจะมีส่วนที่ยื่นออกไป เพื่อทำหน้าที่รองรับขดลวดแม่เหล็กและทำหน้าที่เป็นขั้วแม่เหล็กแบบเซเลี้ยนโพล ที่เซเลี้ยนโพลนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือเช็ดเด็ดโพล (shaded pole) และอันเช็ดเด็ดโพล (unshaded pole) เช็ดเด็ดโพลจะมีพื้นที่ผิวหน้าของขั้วแม่เหล็กแคบ และมีไว้สำหรับพันขดลวดเช็ดเด็ด (shaded coils) ซึ่งขดลวดเช็ดเด็ดนี้ จะทำด้วยแผ่นทองแดงแบนสวมไว้อย่างแน่น (unshaded coils) ขดลวดอันเช็ดเด็ดนี้ บางทีเรียกว่าขดลวดเมน (main winding) ลักษณะของเซเลี้ยนโพลของมอเตอร์เช็ดเด็ดโพล

2. โรเตอร์ เป็นแบบสไควเรลเกจ โดยที่สล็อทสำหรับฝังตัวนำจะมีลักษณะเฉียงกับแนวแกนเพลา และยึดติดแน่นกับเพลา

3. ฝาปิดหัวท้าย ทำด้วยเหล็กหล่อเหนียว เหมือนกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์แบบต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้แล้ว

2.5 เหล็กกล้า ไร้สนิม(Stainless Steels)

เหล็กกล้าไร้สนิม หมายถึง กลุ่มเหล็กที่ไม่ขึ้นสนิมสีดำหรือสีน้ำตาลเหมือนเหล็กกล้าทั่วไป เหล็กกล้าไร้สนิมในงานอุตสาหกรรมมีธาตุโครเมียมผสมอยู่ไม่น้อยกว่า 11 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก การที่เหล็กไม่ขึ้นสนิมเป็นเพราะผิวเหล็กพวกนี้ถูกปกคลุมด้วยโครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) อย่างทั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั่วถึง ทำให้ตัวเหล็กไม่ถูกออกซิไดซ์กลายเป็นออกไซด์ (Fe_3O_4 หรือ Fe_2O_3) จึงไม่มีสนิมให้เห็นเป็นที่น่ารังเกียจ

ยนึ่ง ผลการค้นคว้าและวิจัยพบว่า เหล็กกล้าไร้สนิมอาจทำมาจากเหล็กที่ไม่มีธาตุโครเมียมผสมอยู่เลยก็ได้ โดยใช้ธาตุอะลูมิเนียมผสมแทน แต่เหล็กกล้าไร้สนิมที่ได้นี้มีสมบัติทั่ว ๆ ไปด้อยกว่าเหล็กที่ได้จากการผสมด้วยธาตุโครเมียม

2.5.1 กลุ่มของเหล็กกล้า ไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิมอาจจัดรวมเป็นกลุ่มๆตามชนิดของจุลโครงสร้างที่ประกอบเป็นเนื้อเหล็กได้ดังนี้

2.5.1.1 เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (Ferritic stainless steels)

เหล็กพวกนี้มีจุลโครงสร้างเป็นเฟอร์ไรต์ ซึ่งมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบบอดี้เซนเตอร์คิวบิค (bodycentered cubic)

2.5.1.2 เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนิติก (Austenitic stainless steels)

จุลโครงสร้างของเหล็กพวกนี้เป็นแบบออสเตไนต์ ซึ่งมีระบบผลึกเป็นแบบเฟสเซนเตอร์คิวบิค (face-centered cubic)

2.5.1.3 เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก (Martensitic stainless steels)

เหล็กพวกนี้มีจุลโครงสร้างเป็นแบบมาร์เทนไซต์ ซึ่งมีระบบผลึกกึ่งๆระหว่างแบบเฟสเซนเตอร์คิวบิคและแบบบอดี้เซนเตอร์คิวบิค

2.5.1.4 เหล็กกล้าไร้สนิมแบบพรีซีพิเตชันฮาร์ดเดนนิ่ง (Precipitation hardening stainless steels)

เป็นกลุ่มเหล็กกล้าที่สามารถทำให้เกิดเฟสใหม่ (Precipitation of new phase) แยกออกจากเฟสเดิมได้โดยการทำกรรมวิธีทางความร้อน ผลของการเกิดเฟสใหม่ ทำให้ความแข็งแรงของเหล็กเพิ่มมากขึ้น

เหล็กกล้าไร้สนิมจะมีจุลโครงสร้างเป็นแบบใดนั้นจะขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมีของเคมีของเหล็กนั้นๆ ธาตุผสมสามัญที่พบได้แก่ Cr, Ni, C, Mo, Si และMn ธาตุเหล่านี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 พวก พวกแรกส่งผลให้เหล็กมีจุลโครงสร้างเป็นเฟอร์ไรต์ พวกนี้ได้แก่ Cr, Mo, Si, Cb พวกที่สองส่งผลให้เหล็กมีจุลโครงสร้างเป็นออสเตไนต์ พวกนี้ได้แก่ Ni, C, Mn เมื่อธาตุเหล่านี้ถูกผสมผสานปนอยู่ในเนื้อเหล็กไร้สนิมตัวเหล็กจะมีจุลโครงสร้างแบบไหนก็ขึ้นได้จากกราฟซึ่งมีชื่อว่าเชฟเฟอร์ ไดอะแกรม (Schaeffler diagram) ในตารางที่ 2 ในการอ่านกราฟเราต้องทราบว่าส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมก่อน แล้วแยกพวกที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับนิกเกิลกับพวกที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกลุ่มโครเมียมออกจากกัน แทนค่าลงในสูตรที่ทำกับอยู่ตามแนวแกนทั้งสองของกราฟ ถ้าส่วนผสมตกอยู่ในพื้นที่ที่เป็นเฟสใด เหล็กกล้าไร้สนิมก็มีชุดโครงสร้างประมาณได้ตามนั้น

เหล็กกล้าไร้สนิมที่มีชุดโครงสร้างแบบออสเตไนต์นั้นไม่เป็นสารแม่เหล็ก คือแม่เหล็กดูดไม่ติดส่วนเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีชุดโครงสร้างแบบเฟอร์ไรต์และมารเทนไซต์นั้น เป็นสารแม่เหล็กคือแม่เหล็กสามารถดูดติด

2.5.2 เหล็กกล้า ไร้สนิมเฟอร์ริติก

เหล็กกล้ากลุ่มนี้มีลักษณะที่สำคัญคือ มีธาตุโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักและผสมอยู่ในช่วง 11-27 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีนิลเกิล ดังนั้นบางทีก็มีชื่อว่าพวกสเตรดโครม (straight chrome) เนื้อเหล็กมีชุดโครงสร้างแบบเฟอร์ริติก สมบัติทางกลของเหล็กขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมีเป็นหลัก ไม่สามารถปรับปรุงด้วยวิธีทางความร้อนและทางกลได้ ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป (wrought products) ของเหล็กกลุ่มนี้จัดอยู่ในชุด 400 (ตามระเบียบการเรียกชื่อของ AISI, American Iron and Steel Institute)

2.5.3 เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก

เหล็กกลุ่มนี้ส่วนมากที่เป็นพวกสเตรดโครมเหมือนกับพวกเฟอร์ริติก คือมีโครเมียมผสมอยู่ระหว่าง 1-18 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณคาร์บอนของเหล็กกลุ่มนี้จะมีมากกว่าเพื่อให้เกิดชุดโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ได้ง่ายขึ้น เหล็กกลุ่มนี้สามารถทำให้แข็งขึ้นโดยการชุบแข็ง (quenching) หลังจากชุบแข็งเหล็กจะมีโครงสร้างเป็นแบบมาร์เทนไซต์ เหล็กพวกนี้เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการความแข็งมาก เช่น มีดตัดของเหล็กกลุ่มนี้สู้กลุ่มเฟอร์ริติกและกลุ่มออสเตนิติกไม่ได้ ทำนองเดียวกับกลุ่มเฟอร์ริติก AISI จัดเหล็กกลุ่มนี้อยู่ในชุด 400

2.5.4 เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนิติก

เหล็กกล้ากลุ่มนี้นอกจากมีโครเมียมผสมอยู่ในระดับเดียวกับกลุ่มเฟอร์ริติกแล้วยังมีนิกเกิลผสมอยู่ด้วยและมากพอที่ทำให้ชุดโครสร้างของเหล็กกลายเป็นแบบออสเตนิติก นิกเกิลช่วยเพิ่มความเหนียวให้กับเหล็ก ทำให้ขึ้นรูปทางกลได้ง่ายขึ้น ทำให้เหล็กถูกแปรรูปเย็นได้ง่ายขึ้น ซึ่งช่วยให้เหล็กมีความแข็งแรงมากขึ้นด้วย นิกเกิลยังช่วยเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนจากกรดกำมะถันและกรดเกลือเจืองได้ดีกว่าพวกสเตรดโครม ข้อดีเหล่านี้ให้เหล็กกลุ่มออสเตนิติกเป็นที่นิยามใช้แพร่หลายมาก และชนิดที่นิยามมากที่สุดคือชนิดที่เรียกว่าเหล็ก 18–8 คือ มีโครเมียมอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ และมีนิกเกิลอยู่ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ AISI จัดเหล็กกลุ่มนี้อยู่ในชุด 200 และ 300

2.5.5 เหล็กกล้าไร้สนิมแบบพรีซิพิเตชันฮาร์ดเดนนิ่ง

เหล็กกล้าไร้สนิมพวกนี้มีทั้ง โครเมียมและนิกเกิลผสมอยู่คล้ายๆ กับกลุ่มออสเตนิติก นอกจากนี้ยังผสมด้วยธาตุอื่น เช่น อะลูมิเนียมและไทเทเนียม ฯลฯ เพื่อทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงจุลโครงสร้างของเหล็กโดยให้เกิดการแยกเฟสด้วยการทำกรรมวิธีทางความร้อนได้ สมบัติเด่นของเหล็กกลุ่มนี้คือ ถ้าเผาให้อุณหภูมิสูงขึ้น เหล็กจะไม่แข็งแต่เหนียวมาก ทำให้สามารถแปรรูปทางกลได้มากจนได้ขนาดตามที่ต้องการ จากนั้นก็ทำกรรมวิธีทางความร้อนต่อ เพื่อให้เหล็กมีทั้งความแข็งและความเหนียวตามที่ต้องการ นี่เป็นข้อแตกต่างที่เด่นชัดระหว่างเหล็กกลุ่มนี้กับกลุ่มออสเตนิติก เพราะเหล็กกลุ่มหลังนี้ต้องใช้การแปรรูปเย็นในการเพิ่มความแข็งให้กับเหล็ก การแปรรูปแบบเย็นมีขีดจำกัดในเรื่องปริมาณการแปรรูปคือทำได้น้อยถ้าต้องการแปรรูปมากก็ต้องทำในขณะร้อน ซึ่งมีข้อเสียคือไม่ให้ความแข็งแรงที่ต้องการหลังจากการแปรรูป ฉะนั้น กลุ่มพรีซิพิเตชันฮาร์ดเดนนิ่งจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขจุดอ่อนเหล่านี้ของเหล็กกลุ่มออสเตนิติก

เหล็กกลุ่มนี้เป็นเหล็กที่มีลิขสิทธิ์ทางการค้า (proprietary alloys) และยังไม่ได้ขึ้นทะเบียนเป็นชื่อตัวเลขเหมือนกับกลุ่มอื่นๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

2.5.6 ผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าไร้สนิม

ผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าไร้สนิมอาจจัดแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ

2.5.6.1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูป (Wrought products)

พวกนี้หมายถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป (finish or semi-finish) ที่ได้จากการแปรรูปทางกล เช่น การรีด การตี การดึง ฯลฯ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ เหล็กแผ่น เหล็กแท่งกลม เหล็กแท่งเหลี่ยม เหล็กท่อนที่มีรูปทรง (shapes) ลวดเหล็ก ฯลฯ

AISI แยกผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าไร้สนิมนี้ออกเป็นชนิดตามส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก และใช้ตัวเลข 3 ตัวเป็นสัญลักษณ์ ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 304, 316, 410 ฯลฯ ตารางที่ 4 ได้รวบรวมตัวอย่างและชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิมที่เป็นผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปที่ใช้มากในงานวิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6.2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆ

ชนิด คุณสมบัติ ของเหล็ก	เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน (%C)	เปอร์เซ็นต์ โครเมียม (%Cr)	เปอร์เซ็นต์ นิเกิล (%Ni)	เปอร์เซ็นต์ ธาตุอื่นๆ	หมายเหตุ (remarks)
		เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก			
410	0.15 max	11.5-13.5	-	-	Turbine blades, valve
416	0.15 max	12-14	-	Se,Mo,orZr	trim
420	0.35-	12-14	-	-	"Free" machining
431	0.45	15-17	1.25-2.5	-	Cutlery
440A	0.2 0. max	16-18	-	-	Improved ductility
	0.60-				Very hard; cutters
	0.75				
		เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก			
405	0.08 max	11.5–14.5	0.5 max	0.1–0.3 AI	AI prevents hardening
430	0.12 max	14–18	0.5 max	–	Auto trim, tableware
442	0.25 max	18–23	0.5 max	–	Resists O and S at
446	0.20 max	23–27	0.5 max	0.25 N max	high temperatures
		เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก			
201	0.15 max	16–18	3.5-5.5	5.0–7.5 Mn	Mn substitute for Ni
202	0.15 max	17–19	5.5	0.25 N max	Mn substitute for Ni
301	0.15 max	16–18	4-5	7.5–10 Mn	Strain hardens
302	0.15 max	17–19	6-8	0.25 N max	Architectural uses
302B	0.15 max	17–19	8-10	2 Mn max	Si for high–temp.
			8-10	2 Mn max	
				2–3 Si	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆ (ต่อ)

ชนิด คุณสมบัติ ของเหล็ก	เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน (%C)	เปอร์เซ็นต์ โครเมียม (%Cr)	เปอร์เซ็นต์ นิเกิล (%Ni)	เปอร์เซ็นต์ ธาตุอื่นๆ	หมายเหตุ (remarks)
					Oxidation
304	0.08 max	18–20	8–12	1 Si max	Continuous 18–8S
304L	0.03 max	18–20	8–12	1 Si max	Very low carbon
308	0.08 max	19–21	10–12	1 Si max	"High" 18–8
309	0.2 max	22–24	12–15	1 Si max	25–12, heat resistance
309S	0.08 max	22–24	12–15	1 Si max	Lower carbon
310	0.25 max	24–26	19–22	1.5 Si max	25–20, heat resistance
310S	0.08 max	24–26	19–22	1.5 Si max	Lower carbon
314	0.25 max	23–26	19–22	1.5–3.0	Si for high–
316	0.10 max	16–18	10–14	2–3 Mo	temp.oxidation
316L	0.03 max	16–18	10–14	2–3 Mo	18–8S Mo
317	0.08 max	18–20	11–14	3–4 Mo	Very low carbon
					Higher Mo
					Ti stabilized
					Cb stabilized
					Best corrosion
					resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆ (ต่อ)

ชนิด คุณสมบัติ ของเหล็ก	เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน (%C)	เปอร์เซ็นต์ โครเมียม (%Cr)	เปอร์เซ็นต์ นิเกิล (%Ni)	เปอร์เซ็นต์ ธาตุอื่นๆ	หมายเหตุ (remarks)
เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดพรีซีพิเตชันฮาร์ดเดนนิ่ง					
322	0.07	17	7	0.07 Ti, 0.2 Al	
17–7 PH	0.07	17	7	1.0 Al	
17–4 PH	0.05	16.5	4.25	4.0 Cu	
14–8 Mo	0.05 max	14	8.5	2.5 Mo, 1%Al	
PH	0.10	16.5	4.3	2.75 Mo	
AM350	0.03	25	5	3.0 Cu,2.0Mo	
CD4MCu					

หมายเหตุ *มีเฉพาะผลิตภัณฑ์หล่อ

2.5.6.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหล่อ (Cast products)

ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ได้จากการหลอมหล่อเป็นรูปทรงที่ต้องการ โดยไม่ได้ผ่านการแปรรูปทางกล (ยกเว้นการกลึงไสและเจาะเพื่อให้ได้ขนาดและสภาพผิวตามที่ต้องการ) ส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์หล่อนั้นใกล้เคียงและมักอิงตามแนวของผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญคือ ปริมาณซิลิคอนและคาร์บอนในผลิตภัณฑ์หล่อดีมากกว่าในผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป ทั้งนี้เพื่อช่วยให้มีสมบัติการหลอมหล่อดีขึ้น ส่วนผสมที่แตกต่างกันนี้ทำให้จุลโครงสร้าง สมบัติทางกลและอื่นๆของเหล็กแตกต่างไปจากพวกที่ได้จากการขึ้นรูปเล็กน้อย การเรียกชื่อชนิดของเหล็กจึงไม่เหมือนกัน ชื่อที่นิยมใช้เรียกผลิตภัณฑ์หล่อของเหล็กกล้าไร้สนิมนั้น ใช้ตามที่ ACI (American Casting Institute) ได้ตั้งไว้ดังแสดงในตารางที่ 5 โปรดสังเกตว่า เหล็กกล้าไร้สนิมหล่อมี 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่มีชื่อขึ้นต้นด้วย C ซึ่งย่อมาจาก Corrosion resistant หมายถึงพวกที่ทนทานต่อการผุกร่อน โดยเฉพาะทนต่อการกัดกร่อนจากของเหลว อีกกลุ่มหนึ่งมีชื่อขึ้นต้นด้วย H ซึ่งย่อมาจาก Heat resistant กลุ่มนี้เป็นเหล็กที่เหมาะสำหรับการใช้งานในที่อุณหภูมิสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 เหล็กกล้าไร้สนิมหล่อที่ทนทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion resistant cast stainless steels)

เหล็กพวกนี้มีสมบัติเด่นในเรื่องทนทานต่อการกัดกร่อนจากของเหลว เช่น สารเคมีจำพวกกรดต่างๆ ในช่วงอุณหภูมิห้องไปจนถึงอุณหภูมิไม่เกิน 650°C เหล็กกล้าเหล่านี้มีโครเมียมผสมอย่างน้อย 11 เปอร์เซ็นต์ และมีนิกเกิลอยู่ระหว่าง 1–30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอนของเหล็กเกือบทุกตัวไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ความทนทานต่อการกัดกร่อนของเหล็กจะยิ่งดีขึ้น เมื่อปริมาณโครเมียมมีมากขึ้นและปริมาณคาร์บอนยิ่งลดลง นิกเกิลในเหล็กกล้าไร้สนิมช่วยเพิ่มความเหนียวและความทนทานต่อกรดออกซิไดซ์อ่อนๆ ได้ดี เหล็กที่เหมาะสำหรับใช้กับน้ำทะเลควรมีธาตุโมลิบดีนัมผสมอยู่ด้วยประมาณ 2–4 เปอร์เซ็นต์ เช่น ในชนิด CF–8M และ CG–8M ฯลฯ ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มความทนทานต่อการผุกร่อนแบบเป็นหลุม (pitting corrosion) และแบบในที่อับ (crevice corrosion)

นอกจากนี้ยังนำมาทำชิ้นส่วนของวาล์ว และภาชนะต่างๆ ที่ต้องสัมผัสกับกรดต่างๆ เช่น กรดฟอสฟอริก กรดเกลือเจือจางและเย็น กรดกำมะถัน กรดอะซิติกร้อน สารละลายด่าง เกลือ และสารเคมีที่ใช้ในงานชุบเคลือบผิวโลหะ ฯลฯ

2.5.8 เหล็กกล้าไร้สนิมหล่อที่ทนทานต่อความร้อน (Heat resistant cast stainless steels)

สมบัติเด่นของเหล็กกลุ่มนี้คือ ทนทานต่อการกัดกร่อนจากก๊าซและจากการถูกออกซิไดซ์ในที่อุณหภูมิสูงได้ดี (ปกติหมายถึงสูงกว่า 650° C) เหล็กกล้าไร้สนิมเหล่านี้จะมีโครเมียมและนิกเกิลเป็นส่วนผสมหลักคล้ายๆกับพวกที่ทนต่อการกัดกร่อนตามที่กล่าวในหัวข้อที่ 7.8 แต่ที่แตกต่างกันก็คือปริมาณคาร์บอนของเหล็กกลุ่มนี้มีมากกว่า ทั้งนี้เพื่อเพิ่มครีพเตร้งของเหล็กให้มากขึ้นเนื่องจากต้องใช้งานในที่อุณหภูมิสูง และเนื่องจากว่าไม่ต้องกังวลในเรื่องการผุกร่อนแบบระหว่างเกรน (intergrainular corrosion) เพราะปกติเวลาใช้งานไม่ได้สัมผัสกับของเหลว โดยทั่วไปเหล็กชนิดที่มีนิกเกิลผสมอยู่จะมีความแข็งแรง ความเหนียว และความทนทานต่อการผุกกร่อนดีกว่าเหล็กที่ไม่มีนิกเกิล

ตัวอย่างการใช้งานของเหล็กกลุ่มนี้คือ ทำชิ้นส่วนต่างๆ ในเตาเผา เช่น เตาเผาในงานโลหะ เตาเผาเพื่อกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เตาเผาปูนซีเมนต์ เตาเผาในงานปิโตรเคมี ในโรงงานไฟฟ้า ในโรงงานทำแก้ว ชิ้นส่วนในเครื่องกังหันก๊าซ ชิ้นส่วนในเทอร์โบชาร์จเจอร์ ฯลฯ

2.5.9 เหล็กกล้าไร้สนิมกับงานวิศวกรรม

หัวข้อนี้เราจะยกตัวอย่างการใช้งานของเหล็กไร้สนิมในงานวิศวกรรมที่สำคัญดังนี้

2.5.9.1 ในงานอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิโตรเคมี โรงไฟฟ้า ในเครื่องกังหันก๊าซ ฯลฯ ใช้เหล็กกล้าไร้สนิมทำท่อและภาชนะอุปกรณ์ต่างๆเพราะทนทานต่อทั้งก๊าซและของเหลวที่ร้อนและส่วนมากมีอำนาจการกัดกร่อนสูง เพราะมีซัลเฟอร์สูง เหล็กกล้าธรรมดาใช้ได้ไม่ดี เพราะจะถูกกัดกร่อนเสียหายในเวลาที่รวดเร็วเกินไป

2.5.9.2 ในงานอุตสาหกรรมประกอบอาหารและยา ในงานด้านนี้นิยมใช้เหล็กกล้าไร้สนิมทำภาชนะและอุปกรณ์ต่างๆเพราะความที่เหล็กไม่เป็นสนิม ทำให้แลดูสะอาดและถูกอนามัย

2.5.9.3 ในงานเกษตรกรรม

เหล็กกล้าไร้สนิมจำพวก ออสเตนิติก เช่นชนิด 304 และ 316 เหมาะสำหรับใช้ในงานเกษตรกรรมเพราะว่ามีความทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีจำพวกปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และยาฆ่าวัชพืชได้ดี ผิวเหล็กยังไม่ขึ้นสนิมทำให้แลดูสะอาดน่าใช้ เหล็กกล้าไร้สนิมจึงได้รับการใช้งานมากกว่าวัสดุอื่น ตารางที่ 7.3 เปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งานของเหล็กกล้าไร้สนิมกับวัสดุอื่นในการทำภาชนะบรรจุสารเคมีต่างๆในงานเกษตรกรรม

2.5.9.4 เหล็กกล้าไร้สนิมกับน้ำทะเล

เหล็กกล้าไร้สนิมที่จะใช้กับน้ำทะเลต้องมีปริมาณคาร์บอนน้อยๆ ยิ่งน้อยยิ่งดี และควรมีโครเมียมมากๆ เพื่อให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี นอกจากนี้ควรเป็นชนิดที่มีโมลิบดีนัมผสมอยู่เช่น ชนิด 316,317, CF-8M, CG 8M และ CN 7M ฯลฯ โมลิบดีนัมช่วยเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนแบบเป็นหลุมและแบบในที่อับให้กับเหล็กกล้าไร้สนิม

ขีดจำกัดการใช้งานของเหล็กไร้สนิมในน้ำทะเลก็คือ เหล็กไร้สนิมเกิดการผุกร่อนและแตกร้าว (Stress corrosion cracking) ในน้ำทะเลได้ ชิ้นส่วนและโครงสร้างที่ประกอบกันด้วยการเชื่อมและการขึ้นรูปแบบเย็นมาอย่างรุนแรงมักจะแตกร้าวในน้ำทะเลได้ง่าย เพราะว่าเนื้อเหล็กตรงบริเวณรอยเชื่อมและบริเวณที่ผ่านการแปรรูปแบบเย็นมาอย่างรุนแรงจะมีสเตรสตกค้าง (residual stress) อยู่สูงมาก และเป็นภาวะที่ทำให้เหล็กแตกร้าวได้ง่าย ด้วยเหตุนี้เหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเชื่อมและพวกที่ผ่านการแปรรูปแบบเย็นมาอย่างรุนแรงจึงไม่เหมาะสำหรับใช้กับน้ำทะเลที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 $^{\circ}$ C

2.6 พูลเล่ย์หน้า (Pulley)

พูลเลย์หน้าเป็นส่วนประกอบที่สวมหัวเพลาเครื่อง ปกติจะใช้ลิ่มขัดและมีสกรูหรือนอตขันแน่นเพื่อความปลอดภัยมิให้นอตหรือสกรูคลายหลุด บางชนิดอาจออกแบบให้มีแหวนล็อค กันคลายได้ด้วยพูลเลย์หน้าจะสวมผ่านฝาครอบหน้า แกนของพูลเลย์จะสัมผัสกับซีลที่ฝาครอบพูลเลย์หน้าจะทำหน้าที่ขับปั๊มน้ำระบายความร้อน ขับไดนาโมโดยใช้สายพาน ปกติจะใช้สายพานตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วีตัวพูลเลย์ จึงต้องมีร่องสายพานตัววีด้วย ซึ่งอาจใช้ร่องเดียว ร่องคู่ หรือมากกว่าสองร่องขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่อง

2.7 สายพาน (Belts)

สายพาน เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลประเภทชุดดึง สายพานและโซ่จะทำหน้าที่ส่งถ่ายโมเมนต์การหมุนและการเคลื่อนที่ระหว่างเพลาตั้งแต่ 2 เพลาขึ้นไป ด้วยความเร็วรอบสูงและให้มีระยะห่างกันมากได้

2.7.1 สายพานส่งกำลัง

ข้อดี - ดูดซับเสียงดังและสั่นสะเทือน
- ส่งถ่ายแรงได้อย่างยืดหยุ่น
- ไม่ต้องมีการหล่อลื่น

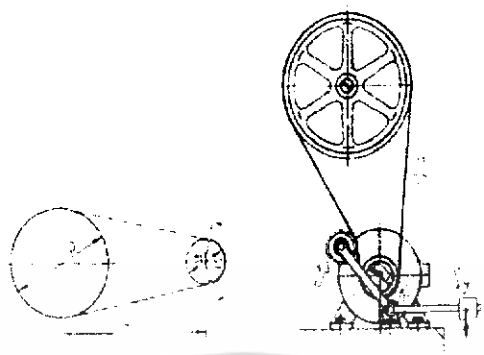
ข้อเสีย - เกิดการลื่นในขณะส่งกำลังได้
- รองเพลารับภาระสูง
- เปลืองเนื้อที่มาก

2.7.2 สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรง

จะส่งถ่ายโมเมนต์หมุนด้วยแรงเสียดทาน (Friction) ระหว่างล้อสายพานและสายพาน ส่วนการทำให้สายพานตึงนั้นจะได้จากการกำหนดให้มีความยาวสายพานที่ถูกต้อง ด้วยการขยายระยะห่างระหว่างแกนเพลา เช่นให้มอเตอร์ขับยึดอยู่ในรางเลื่อนได้หรือบนแท่นเอียงปรับขึ้นลง หรือใช้ลูกกลิ้งกดสายพานด้านหย่อน(ขณะส่งกำลัง)ให้อยู่ใกล้ด้านล้อพูลเล่ย์ (Pulley) ที่มีขนาดเล็กกว่า เพื่อให้มีการโอบของสายพานเพิ่มมากขึ้นจะยิ่งทำให้การส่งกำลังได้มากขึ้น

แรงตามขอบล้อสายพานที่ส่งกำลังจะทำให้สายพานเกิดการยืดตัวแบบยืดหยุ่นที่มีผลให้สายพาน เกิดการลื่นขณะส่งกำลังบนล้อสายพาน = 2% ของการส่งกำลังทั้งหมด ด้วยเหตุนี้สายพานที่มีลักษณะการส่งกำลังด้วยแรง จึงไม่เหมาะนำมาใช้งานในที่ต้องการอัตราทดที่เที่ยงตรง ระหว่างเพลาตั้งแต่ 2 เพลาขึ้นไป โดยปกติ จะต้องให้มีมุมโอบที่ล้อสายพานตัวเล็กให้มากเพียงพอที่การส่งกำลังจะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (ดังภาพที่ 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

ภาพที่ 26 (ก) แสดงมุมโอบ ซิกม่า 2 ที่ล้อพูลเล่ย์เล็ก
(ข) อุปกรณ์ช่วยให้สายพานตึงที่ใช้น้ำหนักถ่วงให้ตึง

ผลของการใช้ลูกกลิ้งกดสายพาน

- ทำให้เกิดภาระดัดสูงขึ้น
- ทำให้เกิดเสียงดังมากขึ้น
- ทำให้มีประสิทธิภาพลดลง

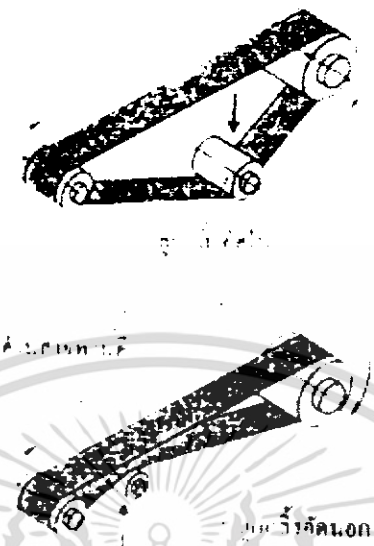
การใช้ลูกกลิ้งกดภายในสายพาน

- ทำให้มุมโอบล้อสายพานน้อยลง
- ถ้าเป็นไปได้ควรวางให้ใกล้กับล้อสายพานใหญ่

การใช้ลูกกลิ้งกดภายนอกสายพาน

- ทำให้มุมโอบสายพานมากขึ้น
- ถ้าเป็นไปได้ควรวางให้ใกล้กับล้อสายพานตัวเล็ก
- เพื่อมิให้สายพานรับภาระดัดมาก ควรจะเลือกขนาดลูกกลิ้งให้โตขึ้นการปรับหรือทำให้สายพานตึงเพื่อใช้งานนั้น จะมีผลให้รองเพลารับภาระสูง (ดังแสดงภาพที่ 27)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 27 การดึงสายพานภายนอกและภายใน

สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรงแบ่งออกเป็นสายพานแบน,สายพานลิ่ม,และสายพานกลม

ก. สายพานแบน จะผลิตจากหนัง, สิ่งทอ หรือทำจากชั้นต่างๆของหนังพลาสติก และเส้นใยหลายๆชั้นสายพานแบนสามารถนำมาใช้งานในลักษณะไขว้หรือกึ่งไขว้ได้ แต่การสึกหรอของสายพานดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากกว่าการใช้ของสายพานลักษณะเปิด

สายพานลักษณะไขว้ เป็นลักษณะการวางสายพานที่ทำให้มีมุมมากกว่าลักษณะเปิด อัตราทดจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ล้อสายพานจะหมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน เนื่องจากสายพานไขว้สัมผัสกันจึงทำให้เกิดสึกหรอค่อนข้างเร็ว

สายพานลักษณะกึ่งไขว้ จะทำให้มีมุมโอบล้อสายพานมากกว่าแบบลักษณะเปิดล้อสายพาน ซึ่งจะวางในทิศทางตั้งฉากกันแต่มีทิศทางการหมุนเหมือนกัน เพื่อให้การหมุนของสายพานมั่นคง จะกำหนดให้ความกว้างของล้อสายพานขับโตกว่าประมาณ 1/4 เท่าของล้อแบบลักษณะเปิด และให้ล้อสายพานตามโตกว่าประมาณ 1/3 เท่าของล้อแบบลักษณะเปิด

ข. สายพานสิ่งท่อ จะผลิตแบบไม่มีปลายจากเส้นใยของโพลิเอไมด์หรือโพลีเอสเตอร์ สายพานแบบนี้เวลาใช้งานจะมีเสียงน้อยมากและไม่มีการสั่นสะเทือน จึงเหมาะใช้ในงานขับเพลาสปินเดิล(ภายใน)ของเครื่องเจียระไนและความเร็วสูงสำหรับล้อสายพานขนาดเล็ก)

ค. สายพานแบบหลายชั้น จะมีชั้นความฝืดที่เป็นพลาสติกยืดหยุ่นหรือหนัง ส่วนชั้นที่รับแรงดึงจะทำแบบแถบโพลิเอไมด์ชั้นเดียวหรือหลายชั้น หรือทำจากเชือกเกลียวโพลิเอสเตอร์

ข้อดีของสายพานแบบหลายชั้น

- มีความสามารถในการฉุดดึงได้ดีเพราะมีการเสียดทานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

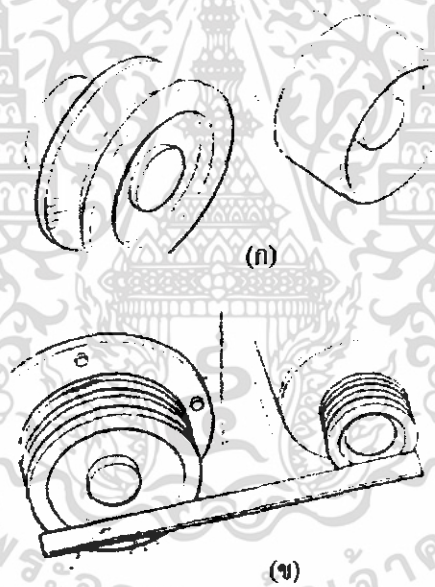
- สามารถดัดงอได้มากเพราะสายพานมีความหนาน้อย
- ใช้งานที่ความเร็วได้ถึง 100 m /S

2.7.3 การประกอบการตึงสารพาน

2.7.3.1 การประกอบสายพาน

ก่อนทำการประกอบสารพานใดๆ ก็ตามให้กระทำดั้งนี้

1. ตรวจสอบดูว่ามีคำเตือนเรื่องความปลอดภัยที่ต้องการความปลอดภัยที่ต้องปฏิบัติก่อนหรือไม่
2. คลายอุปกรณ์ปรับตึงสารพานให้อยู่ในสภาพหย่อนเต็มที่
3. ทำความสะอาดผิวหรือผิวร่องล้อสายพาน
4. ตรวจสอบแนวร่วมศูนย์ของล้อสายพานทั้งสองด้วยบรรทัดเหล็ก (ดังภาพที่28)(ข)



ภาพที่ 28 การประกอบสายพาน

2.7.3.2 การต่อสายพานแบน

การตัดความยาวสายพาน การวัดสายความสายพานโดยรอบ

1. เช็คดูสายพานว่าเป็นขนาดและชนิดที่ใช้กับล้อสายพาน (ดังภาพที่28)(ก)

2 .ตัดปลายด้านหนึ่งให้ได้ฉาก (ดังภาพที่28)(ข)

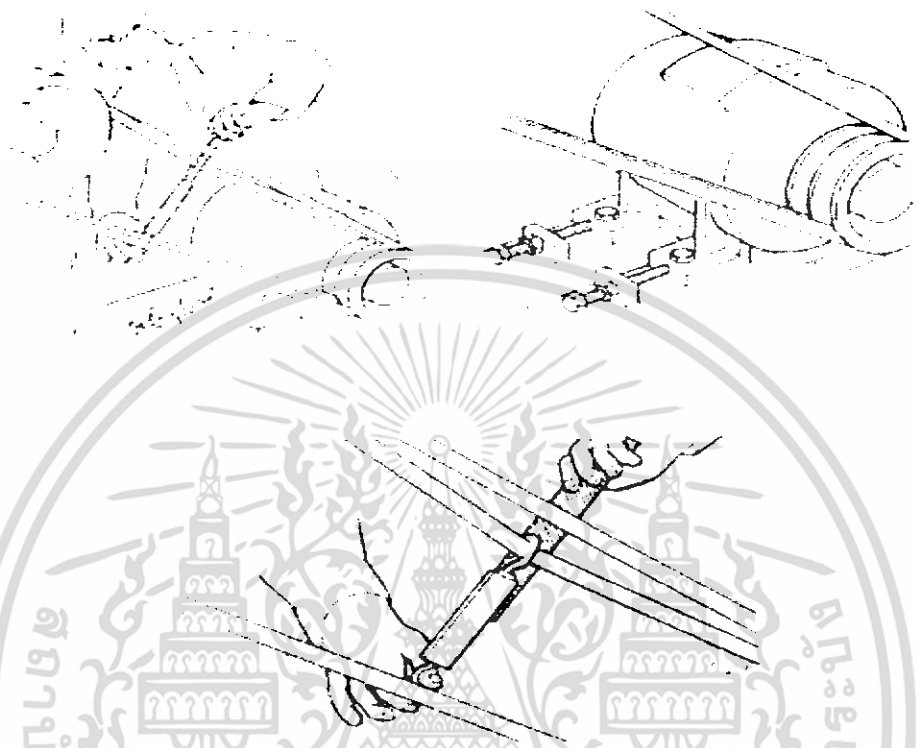
3 .การคลายสกรูปรับการตึงสายพานให้อยู่ในสภาพหย่อนเต็มที่

4. ใส่สายพานรอบล้อสายพานให้ด้านผิวหยาบสัมผัสล้อสายพาน

5. จับปลายสายพานด้านที่ตัดได้ฉากเกยบนสายพานเส้นล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ใช้มือจับให้แน่นแล้วขีดหมายที่ปลายสายพาน



ภาพที่ 29 การปรับความตึงของสายพาน

2.7.4 การปรับความตึงของสายพาน

สายพานหากตึงมากเกินไปก็จะทำให้สายพาน รองเพลาสึกหรอเร็วขึ้นหากหย่อนมากก็จะเกิดการลื่นไถลส่งกำลังได้ไม่ดีเท่าที่ควร ด้วยเหตุนี้จะต้องมีการปรับตึงสายพานตามที่ผู้ผลิตกำหนดมาโดยกระทำดังนี้ (ดังแสดงภาพที่ 29)

1. ดูค่าแรงดึงดัดและระยะดัดของสายพานคู่มือผู้ผลิต
2. ใช้เกจวัดแรงดึงบริเวณกึ่งกลางความยาวของสายพานและวัดอ่านค่าระยะดัดสายพาน
3. ปรับความตึงตามค่าที่ผู้ผลิตกำหนดด้วยการปรับสกรูที่รั้งฐานมอเตอร์
4. เช็คความตึงของสายพานด้วยเกจสปริงวัดแรงและบรรทัดเหล็ก
5. ปรับความตึงจนได้ค่าถูกต้อง
6. ยึดน็อตฐานมอเตอร์และล็อกสกรูปรับให้แน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

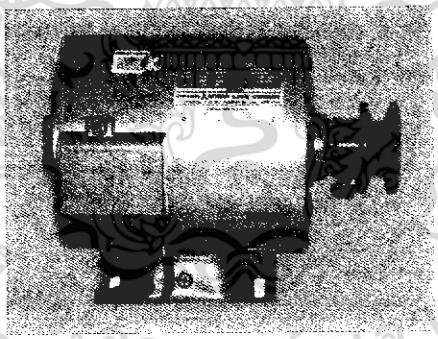
บทที่ 3

วิธีการสร้างอุปกรณ์

ในการดำเนินการศึกษาออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวแบบอัตโนมัติผู้ดำเนินการได้ศึกษารายละเอียดของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขบเคี้ยว และได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียด และศึกษาส่วนประกอบของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยว เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งของอาหารขบเคี้ยวที่มีประสิทธิภาพดีและมีต้นทุนในการผลิตต่ำ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

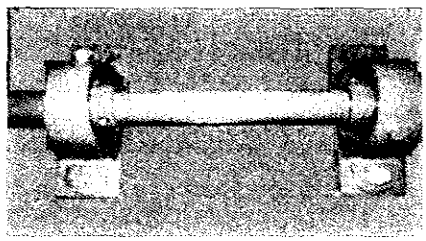
1. มอเตอร์ AC ขนาด ½ แรงม้า(0.2 kw) (ดังแสดงภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 มอเตอร์

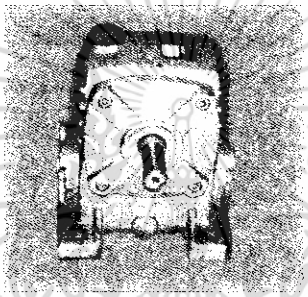
2. แกนหมุนใช้เหล็กเพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางคือ 50 มิลลิเมตร และความยาวคือ 1.5 เซนติเมตร (ดังแสดงภาพที่ 31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 31 แกนหมุน

3. เฟืองทด ใช้ 1: 50 (มอเตอร์หมุน 50 รอบ เฟืองทดหมุน 1 รอบ) (ดังแสดงภาพที่ 32)



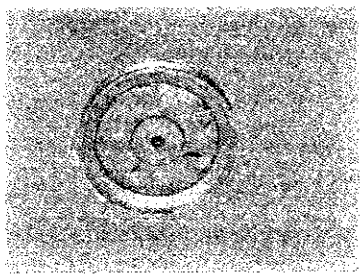
ภาพที่ 32 เฟืองทด

4. พูลเล่ย์ ตัวที่1 ใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตรยึดติดอยู่กับแกนของมอเตอร์(ดังแสดงภาพที่ 33)

ภาพที่ 33 พูเล่ตัวที่ 1

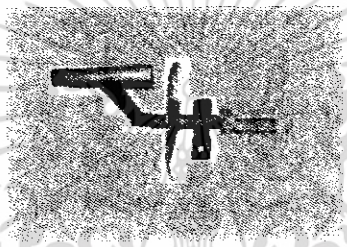
5.พูลเล่ย์ ตัวที่2 ใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยึดติดอยู่กับแกนของเฟืองทด(ดังแสดงภาพที่ 34)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 34 พูลเล่ย์ตัวที่ 2

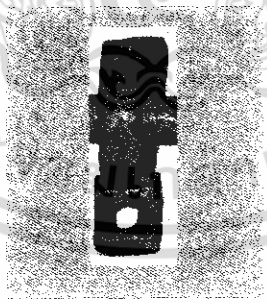
6. ชุดล็อค ใช้ตัวล็อควงกลม แบ่งเป็นช่อง 3 ช่องได้ 3 ระดับ (ดังแสดงภาพที่ 35)



ภาพที่ 35 ชุดล็อค

7. แบริ่ง ใช้ทั้งหมด 4 ตัว (ดังแสดงภาพที่ 36)

- ตัวที่ 1,2 ใช้ยึดเหล็กเพลาหมุนให้ติดกับโครงเหล็กแผ่นทั้ง
- ตัวที่ 3,4 ใช้ยึดชุดล็อคให้ติดกับโครงไม่ให้เคลื่อนที่ได้



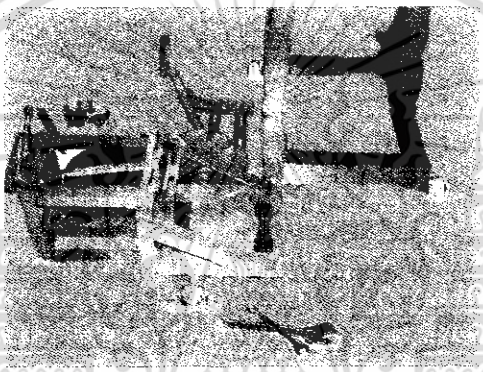
ภาพที่ 36 แบริ่ง

8. โครงเหล็ก ประกอบด้วย (แสดงดังภาพที่ 37)

- เหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว ความยาว 455 มม. จำนาน 2 เส้น
- เหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว ความยาว 685 มม. จำนวน 2 เส้น
- เหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว ความยาว 560 มม. จำนวน 4 เส้น
- เหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว ความยาว 305 มม. จำนวน 4 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

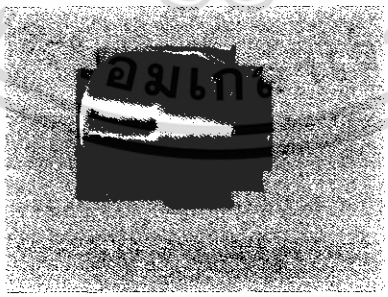
- เหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว ความยาว 435 มม. จำนวน 1 เส้น
- เหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว ความยาว 195 มม. จำนวน 2 เส้น
- เหล็กแผ่นหนา 4 มม. ความยาว 435 มม. จำนวน 1 แผ่น เชื่อมเหล็กต่อขึ้นด้านบน จำนวน 2 ชิ้น เจาะรูทั้ง 2 ชิ้น
- คันโยก ใช้สำหรับยกถังขึ้นลงเพื่อใส่สวนผสม คันโยกจะเชื่อมติดกับถังผสม
- ตัวล็อคคันโยก ใช้เป็นแบบร่องล็อค ร่องล็อคนี้จะยึดติดกับโครงเหล็ก
- ล้อ จำนวน 4 ล้อ



ภาพที่ 37 ชิ้นส่วนประกอบโครงเหล็ก

9. ถังผสม มีลักษณะ เป็นรูปวงรี ทำด้วยแผ่นสเตนเลส หนา 0.04 มม.

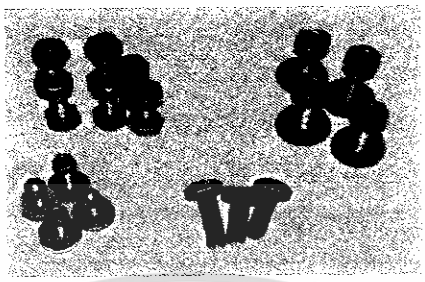
- ส่วนปากเปิดกว้างสำหรับใส่ส่วนผสม
- ส่วนหลังปิดเชื่อมต่อติดกับเพลาหมุนที่ต่อมาจากมอเตอร์ (ดังแสดงภาพที่ 38)



ภาพที่ 38 ถังผสม

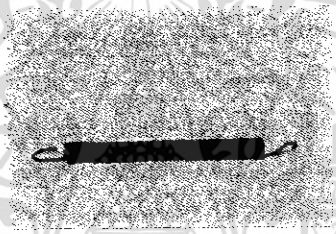
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. น๊อต – สกรู (ดังแสดงภาพที่ 39)



ภาพที่ 39 น๊อต – สกรู

11. สปริง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 24 เซนติเมตร (ดังแสดงภาพที่ 40)



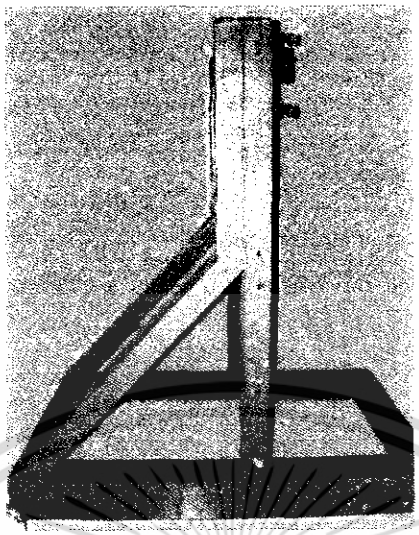
ภาพที่ 40 สปริง

3.2 ขั้นตอนการประดิษฐ์

ขั้นตอนที่ 1 การประกอบส่วนฐาน

นำ เหล็กฉากขนาด 3 นิ้ว ยาว 80 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน มาเชื่อมต่อกับเหล็กฉากขนาด 3 นิ้ว ยาว 48 เซนติเมตร 2 ท่อนจะได้เป็นฐานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จากนั้นนำเหล็กตัวยูขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร หนา 4 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร ทั้ง 2 ท่อน มาเชื่อมติดกับฐาน ในลักษณะตั้งขึ้น แล้วนำเหล็กตัวยูขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร หนา 4 เซนติเมตร ยาว 33 เซนติเมตร ทั้ง 2 ท่อน มาเชื่อมต่อกับฐานในลักษณะทแยงมุมให้ชนกับเหล็กตัวยูที่ต่อกับฐานที่ตั้งตรง ต่อจากนั้นนำเหล็กฉากขนาด 2 นิ้ว ยาว 33 เซนติเมตรจำนวน 1 ท่อนมาเชื่อมยึดติดกับเหล็กตัวยูตัวที่ตั้งขึ้นกั้นกลางระหว่างเหล็กตัวยูทั้ง 2 ชิ้นเพื่อป้องกันการเบี้ยวออกข้าง (ดังภาพที่ 41)

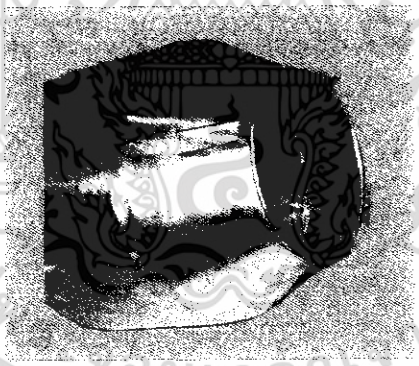
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 41 ส่วนฐาน

ขั้นตอนที่ 2 การขึ้นรูปถังผสม

การประกอบถังผสม นำแผ่นสเตนเลสความหนา 0.04 มม. มาตัดเป็นรูปวงรีแล้วเชื่อมปิดท้าย ส่วนปากของถังผสมเปิดกว้างขึ้นขอบเพื่อใช้สำหรับใส่ฝาเปิด-ปิด (ดังแสดงภาพที่ 42)

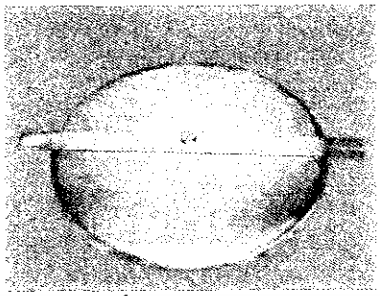


ภาพที่ 42 ถังผสม

ฝาปิด

จะใช้ฝาปิดแบบล็อก ทำด้วยแผ่นสเตนเลส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร (ดังแสดงภาพที่ 43)

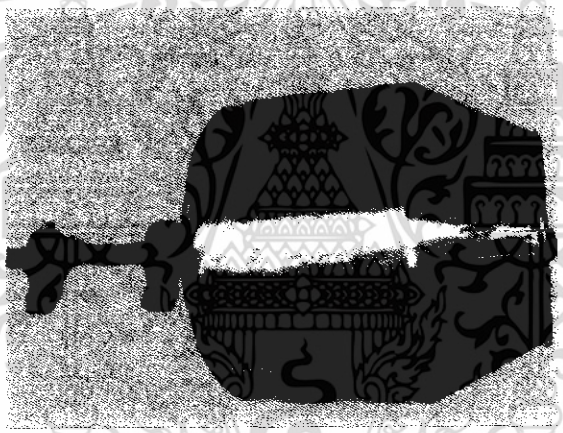
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 43 ฝาปิดถังผสม

ขั้นตอนที่ 3 การเชื่อมต่อเพลา

เมื่อได้ถังผสมแล้วนำเหล็กเพลามาเชื่อมติดกับถังผสม เหล็กเพลานี้จะหมุนด้วยมอเตอร์ โดยระหว่างมอเตอร์กับเพลาจะมีเฟืองทดอยู่ระหว่างกลางที่มีเฟืองทดก็ เพื่อลดความเร็วของเพลา ทำให้ถังผสมหมุนด้วนความเร็วที่คงที่ หรือช้าลง (ดังภาพที่ 44)

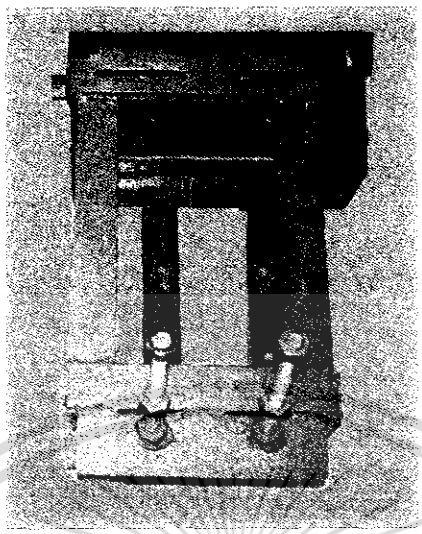


ภาพที่ 44 การต่อเพลาติดกับถัง

ขั้นตอนที่ 4 การประกอบแท่นวางมอเตอร์

นำเหล็กฉากขนาด 1½ นิ้วยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 7 ท่อนมาเชื่อมต่อกัน เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2 ชั้น ชั้นล่างเหล็กแผ่นกลางเจาะรู 4 รู เพื่อใช้ยึดมอเตอร์ ส่วนด้านบนเจาะทะลุแล้วใส่น็อต เพื่อใช้ปรับระดับความตึงของสายพาน (ดังแสดงในภาพที่ 45)

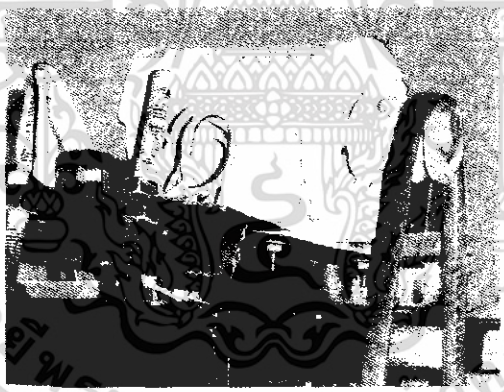
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 45 แท่นวางมอเตอร์

ขั้นตอนที่ 5 การติดตั้งมอเตอร์

นำมอเตอร์ AC ขนาด 1/2 แรงม้า มาติดไว้กับโครงที่ด้านหลังยึดติดกับโครงด้วยน๊อตแล้วนำพูลเล่ย์มาต่อกับเพลาของมอเตอร์ (ดังแสดงภาพที่ 46)

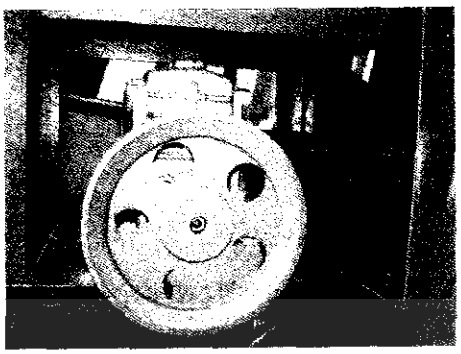


ภาพที่ 46 การติดตั้งมอเตอร์

ขั้นตอนที่ 6 การติดตั้งเฟืองทด

นำเฟืองทดมาติดตั้งไว้ที่โครงเหล็ก ยึดด้วยน๊อตแล้วนำพูลเล่ย์ตัวที่ 2 มาใส่กับเพลาของเฟืองทด (ดังแสดงในภาพที่ 47)

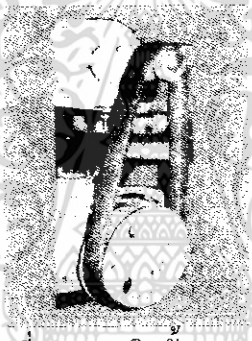
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 47 การติดตั้งเฟืองทด

ขั้นตอนที่ 7 การติดตั้งสายพาน

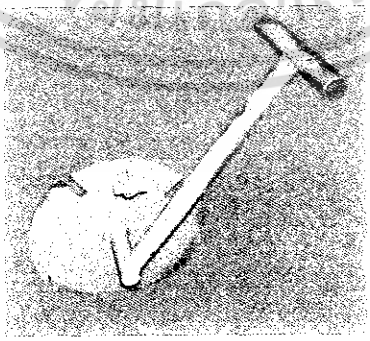
สายพานสวมอยู่ในร่องของพูลเล่ย์ระหว่างตัวที่ 1 กับตัวที่ 2 ที่ติดอยู่กับมอเตอร์และเฟืองทด (ดังแสดงภาพที่ 48)



ภาพที่ 48 การติดตั้งสายพาน

ขั้นตอนที่ 8 การติดตั้งคันโยก

คันโยกจะเชื่อมติดกับถังผสมเพื่อใช้ยก ขึ้น-ลง ล็อคคันโยกด้วยตัวล็อคแบบร่องเพื่อไม่ให้ถังเคลื่อนขึ้นลงขณะเครื่องทำงาน (ดังแสดงภาพที่ 49)



ภาพที่ 49 คันโยก

ขั้นตอนที่ 9 การทาสีเพื่อป้องกันสนิม

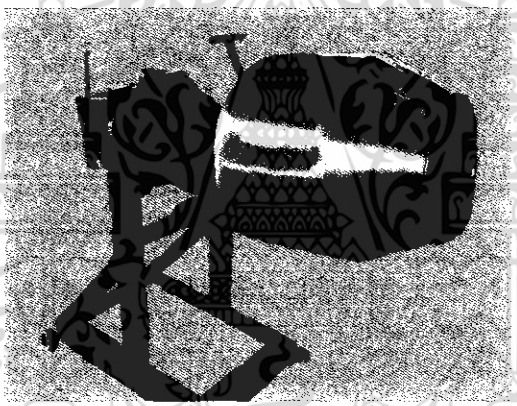
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยว ใช้สีน้ำมันชนิดสีเคลือบเงา สีที่ใช้ คือสีดำ การทาสีเพื่อป้องกันการเกิดสนิมและเพื่อความสวยงาม ทาสีในส่วนที่เป็นโครงเหล็กและอุปกรณ์ต่างๆ ยกเว้นถังผสมเพราะถ้าทาสีถังผสมด้วยก็จะทำให้สีหลุดลอกอาจปนเปื้อนไปกับอาหารได้

ขั้นตอนที่ 10 การติดตั้งล้อ

โดยทำการติดตั้งล้อเลื่อน ที่โครงเหล็กของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวจำนวน 4 ล้อ เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งของอาหารขบเคี้ยว

ขั้นตอนที่11 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นก็จะได้เครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารที่สมบรูณ์ สำหรับใช้งานต่อไป (ดังแสดงภาพที่ 50)



ภาพที่ 50 เครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 12 การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติอาหารแบบอัตโนมัติที่ประดิษฐ์

1. ทดสอบโดยใส่ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวประมาณ 3 กิโลกรัม
2. เดินเครื่องให้ถังหมุน
3. นำผงโรย/ปรุงแต่งรสชาติอาหาร (Seasoning) ในที่นี้ใช้เกลือฝุ่นผสมกับผงชูรส ใส่ลงในถังผสมที่มีอาหารขบเคี้ยวอยู่ ในถัง
4. การใช้งานของเครื่อง เครื่องทำงาน 1 นาที จะหมุนได้ 10 รอบ
5. ให้เครื่องหมุนและใช้เวลาในการทดสอบ เครื่องดังกล่าวโดยให้เครื่องทำงานเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการผสม

1. นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว เช่น มันฝรั่งทอด ข้าวเกรียบกุ้ง เป็นต้น แล้วนำมาเทใส่เข้าไปในถังสเตนเลสที่ใช้สำหรับคลุกเคล้าตัวผลิตภัณฑ์กับผงปรุงแต่งรสชาติ อาหารแล้วทำการเดินเครื่องเพื่อให้ตัวผลิตภัณฑ์กระจายตัวออกไปรอบๆ ถังหมุนเพื่อให้ง่ายต่อการผสมคลุกเคล้า

2. ใส่น้ำมันที่ใช้ในการประสานระหว่างตัวผลิตภัณฑ์กับผงปรุงแต่งรสชาติ เพื่อทำให้เกิดการยึดเกาะระหว่างกัน โดยวิธีการฉีดเข้าไปในตัวถังสเตนเลสอย่าให้มากหรือน้อยเกินไปเพราะอาจส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐาน เช่น ความไม่สม่ำเสมอของในการผสมหรือการเคลือบ

3. นำผงปรุงแต่งรสชาติตามที่ต้องการที่จะผสมกับผลิตภัณฑ์ นำมาเทใส่เข้าไปในถังในปริมาณที่พอเหมาะ แล้วทำการฉีดน้ำมันที่ใช้ในการผสานเข้าไปเพื่อเป็นการเร่งปฏิกิริยาการยึดเกาะให้เกิดเร็วขึ้นโดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย และยังสามารถช่วยให้ประหยัดเวลาในการผสมอีกด้วย

4. เดินเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารประมาณ 5- 10 นาทีแล้วทำการสังเกตว่าตัวของผลิตภัณฑ์นั้นมีการยึดเกาะของผงปรุงแต่งรสชาติตามที่ต้องการหรือไม่

5. เมื่อตัวผลิตภัณฑ์มีลักษณะตามที่ต้องการแล้วให้ทำการคว่ำตัวถังสเตนเลส เพื่อให้ตัวผลิตภัณฑ์ไหลลงมาในภาชนะที่รองรับแล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพ ก่อนที่จะนำไปบรรจุหรือนำมารับประทาน

3.3 สถานที่จัดสร้างอุปกรณ์

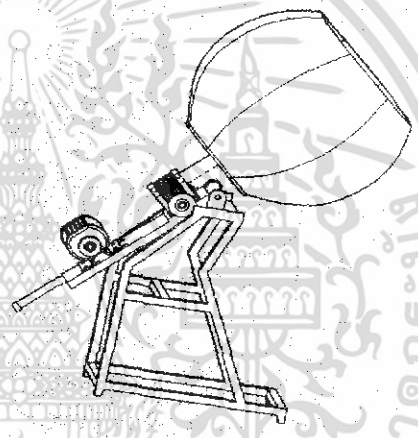
เลขที่ 74/1 หมู่ 9 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการสร้างอุปกรณ์

4.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ ตามแบบที่ออกแบบ ไว้ (ภาพที่ 52) กับภาพที่สร้างเสร็จ (ภาพที่ 51)



ภาพที่ 51 ภาพที่สร้างเสร็จ

ภาพที่ 52 ภาพที่ออกแบบ

4.1.1 ส่วนที่แตกต่างกัน

4.1.1.1 ส่วนถัง ตามที่ออกแบบไว้เป็นถังแปดเหลี่ยม (ดังแสดงในภาพที่ 52)

4.1.1.2 คันโยก ที่ออกแบบไว้คันโยกจะยึดติดกับฐานวางมอเตอร์

4.1.1.3 การติดตั้งมอเตอร์ ที่ออกแบบไว้มอเตอร์จะติดอยู่กับคันโยก ยกขึ้น-ลง พร้อมกับคันโยก

4.1.1.4 การติดตั้งเฟืองทด ที่ออกแบบไว้เฟืองทดจะติดอยู่กับแกนของถังผสม ไม่ได้ติดกับแกนของมอเตอร์

4.1.2 ส่วนที่เหมือนกัน

4.1.2.1 ส่วนโครงของถัง (ดังแสดงในภาพที่ 51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 แท่นวางเฟืองทด

4.1.2.3 การติดตั้งสปริง สปริงจะยึดติดอยู่กับโครงของถังผสม

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขบเคี้ยว

4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเรื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติแบบอัตโนมัติที่ประดิษฐ์ได้ตามขั้นตอนที่ 12 ของบทที่ 3 นั้น พบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่นำมาใช้ทดสอบคือถั่วเหลืองทอดกรอบสมุนไพรซึ่งใช้ผงโรย คือ เกลือป่นละเอียดผสมผงชูรสโรยใส่ถั่วดังกล่าว มีลักษณะสม่ำเสมอพอสมควร และทำให้ถั่วเหลืองทอดกรอบสมุนไพรมีรสชาติอร่อย สามารถเดินเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติแบบอัตโนมัติได้นาน 5 ชั่วโมง โดยที่มอเตอร์ของเครื่องผสมไม่มีปัญหาติดขัด แต่อย่างไรก็ตามได้ให้ วิศวกร และนายช่างผู้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมอเตอร์และเครื่องผสม ได้ตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติแบบอัตโนมัติที่ประดิษฐ์ได้นี้ สรุปผลการประเมินตรวจสอบประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 3 นอกจากนี้ยังได้มีข้อเสนอแนะของผู้ประเมินดังกล่าวด้วย (4.2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินจากช่างผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	รายการที่ทำการประเมิน	ความคิดเห็น		
		3	2	1
1	ขนาดของเครื่อง	/		
2	โครงสร้างโดยรวมของเครื่อง		/	
3	ชนิดของวัสดุที่ใช้		/	
4	ความครบถ้วนของอุปกรณ์ในเครื่อง	/		
5	ขั้นตอนและการทำงานของเครื่อง		/	
6	ความปลอดภัยในการใช้		/	
7	คุณสมบัติของเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติอาหาร	/		
8	ความสะดวกในการใช้งาน		/	
9	คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผสม		/	
10	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่อง		/	

หมายเหตุ

3 = คือ มีประสิทธิภาพดี เหมาะสม ไม่ต้องมีการแก้ไขปรับปรุง

2 = คือ มีประสิทธิภาพในการทำงานพอใช้

1 = คือ มีประสิทธิภาพไม่ดี ต้องแก้ไขปรับปรุง

4.2.2 ข้อเสนอแนะของผู้ประเมิน

1. มอเตอร์ต้องมีกำลัง (Horse Power) มากขึ้น(HP)มอเตอร์ที่ใช้มีขนาดเล็กเกินไปเมื่อเดินเครื่องไปแล้วทำให้มอเตอร์ร้อนและสามารถเกิดอันตรายได้ ควรเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดสัมพันธ์กับแรงที่รับ(Load) และควรใช้มอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วได้(มอเตอร์ชนิดหลายขดลวด)โดยสวิตช์(Switch)เป็นตัวเลือกเพื่อความเหมาะสมในการใช้งานต่างๆ

2. ไม่ควรใช้สวิตช์ในการตัดต่อการทำงานของเครื่องโดยตรง ควรใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีพิกัดกระแส ที่ใกล้เคียงกับชนิดของมอเตอร์(ไม่ควรต่ำกว่า) เพื่อตัดกระแสในขณะที่เครื่องทำงานผิดปกติเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

3. ควรมีที่ยึดล้อเพื่อไม่ให้เคลื่อนที่ได้ เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงาน เรื่องความปลอดภัยของเครื่องจักรอยากแนะนำให้ติดเบรกเกอร์ที่ตัวมอเตอร์เพื่อป้องกันการช็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากมอเตอร์หรือชีอตผู้ใช้งาน และติดตัวป้องกันที่สายพานเพิ่มเพื่อป้องกันเสื้อผ้า และผมเข้าไปที่สายพานมอเตอร์ และควรทาสีใหม่สีพวกโครเมียม เพื่อป้องกันสนิมที่จะเกิดขึ้น เวลาเดินเครื่องเพื่อโรยผงในผลิตภัณฑ์ต้องใช้คนจับหรือกดตัวเครื่องไว้ยังไม่มีน้ำหนักในการกดอาจทำให้เครื่องล้มได้

4.3 คู่มือการใช้เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารแบบอัตโนมัติ

1. ตรวจเช็คอุปกรณ์- ชิ้นส่วนของเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่เตรียมพร้อมที่จะใช้งาน
2. ตรวจเช็ควัตถุที่เป็นโลหะหรือสิ่งของอย่างอื่นปะปนอยู่ในถังผสมหรือไม่
3. ใช้น้ำฉีดล้างเข้าไปในถังผสม ล้างให้สะอาดแล้วเช็ดให้แห้งและเช็ดระบบล็อคฝาปิดให้ปิดสนิท
4. เช็คสายไฟ สวิทซ์ เปิด-ปิด ทดสอบระบบไฟฟ้าและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้เตรียมพร้อมที่จะใช้งาน
5. ป้อนส่วนผสมที่ต้องการจะผสมลงในถังสเตนเลส แล้วปิดฝาให้สนิท
6. เปิดสวิทซ์การทำงาน
7. เมื่อต้องการหยุดการใช้งานหรือต้องการที่จะดูส่วนผสมว่าเข้ากันหรือไม่ ให้ปิดสวิทซ์หยุดการทำงานของ มอเตอร์ก่อน
8. เมื่อส่วนผสมเข้ากันจนได้ที่แล้วให้ปิดสวิทซ์หยุดการทำงานของเครื่องแล้วปรับระดับถังที่ตัน โยก ให้มาอยู่ที่ระดับต่ำสุดแล้วเปิดฝาเอาส่วนผสมออก
9. เมื่อนำส่วนผสมออกหมดแล้วให้ทำการล้างถังให้สะอาดเช็ดให้แห้งแล้วปิดฝาให้สนิท
10. ปรับคันโยกถังให้มาอยู่ที่ระดับกลาง แล้วตรวจเช็คส่วนต่างๆ ของเครื่องให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานตามเดิม

4.4 การบำรุงรักษาเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติ

1. หลังจากใช้งานทุกครั้งจะต้องทำความสะอาดถังสเตนเลสให้สะอาด และเช็ดให้แห้งสนิท
2. ตรวจเช็คสายพานให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะไม่ตึงหรือหย่อนจนเกินไป
3. ตรวจเช็คจุดหมุน ตลับลูกปืน, แบริ่งว่าขาดจาระบีหรือไม่ ถ้าขาดจาระบีให้อัดจาระบีตามจุดที่มีหัวอัดจาระบีติดอยู่
4. เช็คดูระดับน้ำมันหล่อลื่นในชุดเฟืองทดให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ
5. เช็ดส่วนต่างๆ ของเครื่องให้แห้งสนิทแล้วเก็บเข้าที่

4.5 ข้อควรระวัง

1. ห้ามนำสิ่งของที่ไม่ใช้วัตถุดิบ โดยเฉพาะของแข็งหรือโลหะใส่เข้าไปในถังสเตนเลสโดยเด็ดขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในกรณีที่เครื่องทำงานอยู่แล้วมอเตอร์หยุดหมุน ให้ทำการปิดสวิทซ์แล้วถอดปลั๊กทันที่แล้วตรวจเช็คเครื่อง
3. อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดห้ามโดนน้ำโดยเด็ดขาด
4. ในขณะเครื่องกำลังทำงานอยู่แล้วมีเสียงดังผิดปกติให้รีบปิดสวิทซ์ทันทีรอจนมอเตอร์หยุดหมุนแล้วทำการตรวจเช็ค
5. ในกรณีเครื่องมีปัญหาและไม่สามารถแก้ไข้ได้ด้วยตนเอง ให้ติดต่อผู้ผลิตทันที่

4.6 ต้นทุนการประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารแบบอัตโนมัติได้ใช้วัสดุภายในประเทศทั้งหมดทำการประกอบเครื่อง ซึ่งสามารถแจกแจงรายการค่าใช้จ่ายได้ดังแสดงในตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ต้นทุนการประดิษฐ์แต่ละรายการของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารแบบอัตโนมัติ

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคา
1	มอเตอร์ 1.4	1	1,000
2	แผ่นสเตนเลส ขนาด 0.9 มม. ยาว 4x4 ม.+ค่าขึ้นรูป	1	4,500
3	เหล็กฉาก	2	600
4	น๊อต + สกรู	18	380
5	แบริ่ง	4	400
6	เพลา	1	800
7	เฟืองทด	1	1,000
8	พูเลย์	1	500
9	สายไฟ 2 ม.	1	40
10	สปริง	1	300
11	ล้อ	4	200
12	เหล็กตัวยู	1	400
13	เหล็กกลม	1	300
		รวม	10,902

สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารแบบอัตโนมัติเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 10,902 บาท (หนึ่งหมื่นเก้าร้อยสองบาทถ้วน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการจัดทำปัญหาพิเศษเรื่องการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารแบบอัตโนมัติมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องผสม และโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวและศึกษาประสิทธิภาพ หลักการทำงานของเครื่อง เพื่อนำเครื่องที่ได้มาใช้ประโยชน์ต่อผู้ประกอบผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารและใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษา สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การจัดสร้างเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวผู้จัดทำ ได้ทำการศึกษาและค้นคว้าจากตัวอย่างของเครื่องที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดกลาง และขนาดย่อม นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลของส่วนผสมและขั้นตอนในการผสมของอาหารขบเคี้ยวชนิดต่างๆในท้องตลาด รวมถึงอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวอย่างละเอียด จึงได้ดำเนินการวางแผนในการสร้างเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยว ซึ่งจะต้องมีการศึกษาข้อมูลและทำการออกแบบลักษณะของเครื่อง โดยเขียนแบบโครงสร้างมานำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เมื่อแบบโครงสร้างผ่านการพิจารณาแล้ว จึงทำการประกอบเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยว แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดเกี่ยวกับกำลังขับของมอเตอร์ที่ใช้ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวพบว่ามีลักษณะไม่ตรงตามแบบที่วางไว้ คือ ส่วนของถังผสมปรับเปลี่ยนไป จากเดิมออกแบบเป็นลักษณะถังแปดเหลี่ยม แล้วปรับปรุงเป็นแบบถังรูปวงรี

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการจัดสร้างเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยว ครั้งนี้ผู้จัดทำได้ประสบการจากการทำงานพอสมควร จึงมีข้อเสนอแนะที่ผู้จัดทำเห็นว่ามีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจคิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประดิษฐ์ หรือพัฒนาเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติของอาหารขบเคี้ยวให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ดังนั้นผู้ที่จะคิดทำปัญหาพิเศษในเรื่องเครื่องมือต้องมีความรู้และความชำนาญในเรื่องเครื่องมือและเครื่องจักรที่นำมาจัดสร้างและ การดำเนินงานต้องมีแผนรัดกุม รวมทั้งดำเนินการตามแผนที่วางไว้อย่างเคร่งครัด เพื่อจะได้เสร็จตามเวลาที่กำหนด เป็นการป้องกันข้อผิดพลาดเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นก็จะได้ทำการแก้ไขได้ทันท่วงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษณะ สว่างแสง และคณะ.2533.เครื่องปั่นแยกเม็ดเลือด.กรุงเทพฯ : โครง งาน ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหกล้าธนบุรี.83 น.

กฤษดา วิศวธีรานนท์ . 2539 . อินเวอร์เตอร์ หลักการทำงานและวิธีการใช้.พิมพ์ครั้งที่ 4.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.207 น.

คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชา. 2541.ผลิตภัณฑ์อาหาร หน่วยที่ 8-15. นนทบุรี: โรงพิมพ์ สุโขทัย ธรรมาธิราช. 395 น

ณรงค์ อาฤทธิ์.2549.เครื่องกลไฟฟ้า.กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. อนุกรมเครื่องต้นกำลัง 4 มอเตอร์ไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: สำนักบริการวิชาการและวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2522.

บริษัท ศูนย์วิจัย ไทยพานิชย์ จำกัด.2543. "ขนมขบเคี้ยว".วารสานการวิจัยตลาด.แหล่งที่มา: htt//www.scb.co.th/~scbri/mkthai/mknoq2t.html.6 พฤศจิกายน 2546 .

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

พิพัฒน์ เมฆประเสริฐ. ที่สุดของวัสดุช่าง. สำนักพิมพ์โอ.เอส.พริ้นติ้ง.เฮ้าส์.กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่.1 358 น.

มานพ ต้นตระบัณฑิต. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.บริษัทประชาชน จำกัด ซอยพิพัฒน์ สีลมบางรัก.กรุงเทพ ฯ: พิมพ์ครั้งที่ 5.359 น

ยืน ภูวรรณ.2544. อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.277 น.

วันชัย นราเดช.หลักและวิธีการพันมอเตอร์.สำนักพิมพ์โอเดียนสโตนร์.กรุงเทพฯ: พิมพ์ครังที่ 3. 208 น.

วิจิตร บุญยะโรคุล .ระบบควรคุมมอเตอร์. โรงพิมพ์แปซิฟิก. กรุงเทพฯ: 265 น.

ศุภชัย สุรินทร์วงค์.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 3. 208 น.

สำลี แสงห้าว. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.บริษัทประชาชน จำกัด ซอยพิพัฒน์ สีลมบางรัก. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 5.359 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fellows.P.(1993)*Food processing technology:prinxciples and practice*. Ellis Horwood Limited, new york,London,Toronto,Sydney,Tokyo,Singapore.505 p.

Leniger,H.A.,and Beverloo,W.A.(1975) *Food process engineering*. D.Reidel,Dordrecilt.

McDonagh. M (1987) Mixers for powsder/liqpersions. *The Chem.Engr*. March 29-32.

Smith,T.(1985)Mixing heads. *Food Process*. February 39-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

แบบทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องผสมและโรยผงปรุงแต่งรสชาติอาหารขนเคี้ยว

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย (/) ลงในช่องว่างตามความคิดเห็นของท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

3 = คือ มีประสิทธิภาพดี เหมาะสม ไม่ต้องมีการแก้ไขปรับปรุง

2 = คือ มีประสิทธิภาพในการทำงานพอใช้

1 = คือ มีประสิทธิภาพไม่ดี ต้องแก้ไขปรับปรุง

ลำดับ	รายการที่ทำการประเมิน	ความคิดเห็น		
		3	2	1
1	ขนาดของเครื่อง			
2	โครงสร้างโดยรวมของเครื่อง			
3	ชนิดของวัสดุที่ใช้			
4	ความครบถ้วนของอุปกรณ์ในเครื่อง			
5	ขั้นตอนและการทำงานของเครื่อง			
6	ความปลอดภัยในการใช้			
7	คุณสมบัติของเครื่องผสมผงปรุงแต่งรสชาติอาหาร			
8	ความสะดวกในการใช้งาน			
9	คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผสม			
10	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่อง			

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ผู้ทำการประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้