

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง  
การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีเค็มสำหรับกลุ่มวิสาหกิจ  
ขนาดกลางและขนาดย่อม

STUDY AND DEVELOPMENT OF THE SALTED MACKERAL FISH  
CUT MACHINE FOR SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES



กมลสัน ขำสวัสดิ์  
KHOMSON KHUMSAWAD

ดพ.  
๑1527  
2550

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 73623  
วัน,เดือน,ปี 26 ก.ค. 2550

b. 1180156A  
i.....

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STUDY AND DEVELOPMENT OF THE SALTED MACKERRAL FISH  
CUT MACHINE FOR SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES**



**A THEMATIC PAPER SUBMITTED IN PARTIAL PULFILLMENT  
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE INDUSTRIAL EDUCATION IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีเค็มสำหรับกลุ่ม วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม
ชื่อนักศึกษา	นายคมสัน จำสวัสดิ์
รหัสประจำตัว	46065607
ปริญญา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมสารนิพนธ์	รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม, เพื่อประเมินหาความพึงพอใจ ทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์, วิศวกรรม, การใช้งาน และ เปรียบเทียบการตัดปลาอินทรีเค็ม ด้วยมือ และเครื่อง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์
2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม
3. กลุ่มผู้ใช้งาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบประเมินหาความพึงพอใจทางด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ วิศวกรรม และทางด้านการใช้งาน สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากผลการวิจัยพบว่าผลการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม ใช้นมอเตอร์แบบอินดักชันมอเตอร์ ขนาด ¼ HP โดยใช้สายพาน หน้าตัดวี เบอร์ B30 ขับเคลื่อนโดยมูเว่ ขนาด 100 mm. ไบมีดเป็นสแตนเลสสตีล ขนาด 400 m.m. ระบบชุดควบคุมการทำงานเป็นสวิสซ์ เปิด-ปิด โดยใช้กับไฟฟ้า 220 v. ในส่วนของโครงสร้าง เป็นเหล็กฉาก ขนาด 2” เชื่อมต่อโดยยึดด้วยน๊อต NO. 14 ส่วนวัสดุ ประกอบโครงสร้าง เป็นเหล็กแผ่นสแตนเลส แอร์ไลน์ หนา 1.2 m.m. พับขอบ

ผลการประเมินหาความพึงพอใจ ทั้ง 3 ด้าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือด้านวิศวกรรม อยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.12$ ) รองลงมาคือ ด้านการใช้งานอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.10$ ) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ อยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.08$ ) และผลการตรวจสอบคุณภาพชิ้นปลาผลการเปรียบเทียบระหว่างการตัดปลาด้วยมือกับการตัดปลาด้วยเครื่อง เครื่องจะตัดปลาได้เร็วกว่าการตัดปลาด้วยมือ และชิ้นปลา มีขนาดดีกว่า (100%) การตัดด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thematic Paper Title</b>	Study And Development Of the Salted Mackerel Fish Cut Machine for Small and Medium Enterprises
<b>Student</b>	MR.Khomson Khumsawad
<b>Student ID.</b>	46065607
<b>Degree</b>	Master Of Science Industrial Education
<b>Program</b>	Industrial Design Technology
<b>Year</b>	2007
<b>Thematic Paper Advisor</b>	Associate Professor Udomsak Saributr

### ABSTRACT

This research is about the Design and Invention of the Salted Mackerel cut machine (S.M.C.M) in order to design and inversion the S.M.C.M in order to evaluate the product Design ,Engineering Utilization satisfaction and compare between the Manual Cutting and the 3 Selected groups:-

1. Product Design Experts Group
2. Engineering Experts Group
3. Users Group

The Research Means are Product Design, Engineering and Utilization Satisfaction Evaluation form. The Research Statistics are the Average and Standard Deviation (S.D). The Research f indsout that the S.M.C.M are installed equipped with ¼ H.P InductionMoter , V-Brcet No.B30,moved by 100 m.m. pulley,400m.m. Stainless Steel Blade. The control unit systemed by on – off switch powered by 220 v. electric. The structure is 2” T – iron joined by No.14 knot The structural material is 12 m.m. bended hair line stainless sheet

The over view of the Tri – dimension satisfaction Evaluation is in good level upon each dimension consideration, the result is that , the highest average is Engineering ( $\bar{X}$  :4.12 ), the second is utilization ( $\bar{X}$  :4.10 ) and the lowest average is product design ( $\bar{X}$  :4.08 ). The quality checking between the cutting by manual and by the S.M.C.M concludes that the S.M.C.M works more speedy and the fish meat is 100% better than manual.

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ อุคมศักดิ์ สาริบุตร รองศาสตราจารย์ สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ และรองศาสตราจารย์ ดร. นิรัช สุตสังข์ ที่ให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือตลอดจนปรับปรุงสิ่งที่ขาดตกบกพร่องในเรื่องราวต่างๆ และช่วยตรวจสอบแก้ไขจนสมบูรณ์ทั้งด้านเครื่องมือ การใช้ภาษาของผู้วิจัย ตลอดจนกระบวนการขั้นตอนวิธีต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ วงศ์กระจ่าง อาจารย์ธนะพงษ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วีระศักดิ์ ว่องปรีชา อาจารย์มานะ เข็มบัว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรชาติ ทินานนท์ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ขอขอบพระคุณ ดร. ผดุงชัย ภูพัฒน์ อาจารย์พรชัย หอสุวรรณศักดิ์ ที่ให้แนะนำและตรวจสอบแก้ไขเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งยังให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคการทำงานเพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการค้นคว้า การดำเนินงานในด้านต่างๆ และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณอารมณ์คำปลาแก้ว และกลุ่มแม่บ้านแหลมผักเบี้ย ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักอย่างยิ่ง รวมทั้งพี่ – น้อง ทุกคนที่ได้ให้ความรักและกำลังใจมาโดยตลอด ให้ความสนับสนุนและช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยมิได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คมสัน จำรัสดี

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	4
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>6</b>
2.1 ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.....	6
2.2 การนำเข้าของอาหาร.....	8
2.3 การถนอมและการแปรรูปอาหาร.....	11
2.4 การศึกษาเทคนิคการตัดที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่องตัดปลาอินทรีเค็ม.....	13
2.5 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	14
2.6 หลักการออกแบบเครื่องจักรกล.....	28
2.7 วัสดุและกรรมวิธีการผลิต.....	41
2.8 สัดส่วนมนุษย์กับการออกแบบ.....	66
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	82
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....</b>	<b>83</b>
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	83
3.2 ขั้นตอนศึกษาออกแบบ และสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม.....	85
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	93
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	93
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>	<b>95</b>
4.1 ผลจากการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	95
4.2 ผลจากการออกแบบ และสร้างเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	95
4.3 ผลจากการประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	97
4.4 ผลจากการประเมินทางด้านวิศวกรรม.....	99
4.5 ผลจากการแสดงความคิดเห็นด้านการใช้งาน.....	101
4.6 ผลจากการเปรียบเทียบการหันปลาอินทรีเค็มแบบดั้งเดิม และ การหันด้วยเครื่อง.....	103
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>104</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	104
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	106
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	110
<b>บรรณานุกรม .....</b>	<b>112</b>
<b>ภาคผนวก .....</b>	<b>114</b>
ภาคผนวก ก แบบประเมินที่ใช้ในการวิจัย.....	115
ภาคผนวก ข เขียนแบบเพื่อการผลิต.....	126
ภาคผนวก ค ภาพผลงาน.....	130
ภาคผนวก ง ภาพจากการสำรวจข้อมูล.....	133
ภาคผนวก จ หนังสือราชการ.....	136
<b>ประวัติผู้เขียน.....</b>	<b>146</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทวิชาหกิจ.....	7
2.2 จำนวนกระแสไฟฟ้า และระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์ อันเป็นผลให้เกิดอันตราย.....	39
2.3 ปริมาณกระแสไฟฟ้า/เวลาที่ทำให้มนุษย์เสียชีวิต.....	39
2.4 กลุ่มธาตุที่ใช้สังเคราะห์พลาสติกโพลีเมอร์.....	57
2.5 การเติบโตของโมเลกุลโดยการเติมกลุ่ม CH.....	58
2.6 ตัวอย่าง โมโนเมอร์และหน่วยโพลีเมอร์.....	59
2.7 พลีเมอไรเซชันของ โพลีเอททีลีนจากอีเทนเป็นเอททีลีน โมโนเมอร์แล้วเป็น โพลีเอททีลีน โพลีเมอร์.....	60
2.8 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับขนาดสัดส่วนและความสามารถในการมองเห็นขนาดสัดส่วนของคนไทย.....	73
2.9 แสดง ตัวเลขมิติส่วนต่างๆของร่างกายต่อความสูงยืน และมีติวิกฤตของชาย- หญิง ไทย เฉลี่ยที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี.....	76
2.10 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนมือผู้หญิงกับมือผู้ชายคิดเป็นเปอร์เซ็นต์.....	78
2.11 แสดง ขนาดสัดส่วนในการออกแบบของรัศมีเอี่ยมหน่วยเป็นเซนติเมตร.....	81
4.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้าน ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (n=3).....	97
4.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการประเมินทางด้านวิศวกรรม(n=3).....	99
4.3 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแสดงความคิดเห็นทางการใช้งาน จากกลุ่มแม่บ้าน (n=30).....	101
4.4 ความถี่ร้อยละของคุณภาพการหั่นปลาอินทรีเต็มแบบดั้งเดิม และ การหั่นด้วยเครื่อง (n=60) .....	103
4.5 ตารางเปรียบเทียบเวลาการหั่นปลาอินทรีเต็มแบบดั้งเดิม และ การหั่นด้วยเครื่อง.....	103

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงปฏิกิริยาตัวอย่างธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.....	8
2.2 แสดงการถนอมและการแปรรูปอาหารปลาอินทรีเค็ม.....	12
2.3 แสดงวิธีการถนอมผลิตภัณฑ์โดยการตากแห้ง.....	13
2.4 แสดงสีที่เกิดจากการนำแม่สีมาผสมกัน.....	21
2.5 วิธีส่งกำลังขับ 3 วิธี.....	29
2.6 แสดงการส่งกำลังขับของล้อฟัน 2 ตัว.....	30
2.7 เฟืองตรง.....	31
2.8 เฟืองภายใน.....	31
2.9 เฟืองเฉียง.....	32
2.10 เฟืองก้างปลา.....	32
2.11 เฟืองดอกจอกที่เพลาทำมุมฉากกัน.....	33
2.12 เฟืองดอกจอกที่เพลาไม่ทำมุมฉากกัน.....	33
2.13 เฟืองดอกจอกที่เพลาไม่อยู่ในแนวแกนเดียวกัน.....	33
2.14 เฟืองหนอน.....	34
2.15 เฟืองสะพาน.....	34
2.16 การต่อวงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรงสี่ขั้ว.....	35
2.17 แสดงส่วนประกอบของวงจร ไฟฟ้าที่สมบูรณ์.....	37
2.18 รูปแสดงลักษณะของวงจรเปิด.....	37
2.19 รูปแสดงการลัดวงจรจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบต่างๆ.....	38
2.20 แสดงความแข็งแรงในการรับแรงดึง.....	41
2.21 แสดงความแข็งแรงในการรับแรงอัด.....	42
2.22 แสดงความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน.....	42
2.23 แสดงความแข็งแรงของผิว.....	42
2.24 แสดงโครงสร้างเหล็กหล่อสีเทา.....	45
2.25 แสดงโครงสร้างเหล็กหล่อเหนียว.....	46
2.26 แสดงโครงสร้างเหล็กหล่อผสมหรือเหล็กหล่อพิเศษ.....	46
2.27 การเติบโตของกลุ่ม $CH_2$ .....	58
2.28 การปั้น (molding) โพลีเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.29 แสดงผลของการอัดตัวที่มีต่อ โครงร่างของ โพลีเอตที่ลินชนิดเส้นตรง (linear) และชนิดแตกกิ่ง(Branched).....	62
2.30 การจัดเรียงตัวของ โคโพลิเมอร์ 6 ชนิด.....	63
2.31 ปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน โพลีเอไมด์ ไนโรเจนของฟีนอลกับเฟอร์มาลดีไฮด์.....	64
2.32 การปั่นพลาสติกชนิดเทอร์โมเซต.....	65
2.33 แสดงขนาดสัดส่วนของผู้ชาย.....	68
2.34 แสดงกำลังขณะขึ้นและแรงขณะยก.....	69
2.35 แสดงการเคลื่อนไหวของมือ.....	70
2.36 แสดงขนาดสัดส่วนของมือ.....	71
2.37 แสดงลักษณะสัดส่วนของมุมการพับงอของแขน.....	72
2.38 แสดงการศึกษาเกี่ยวกับมุมของต่างๆในระนาบจากด้านบน.....	75
2.39 แสดงมิติมนุษย์ที่ใช้การออกแบบ.....	77
2.40 แสดงมิติของมือขนาดสากล และการทำงานของมือภาพแสดง สัดส่วนมือในการใช้งาน.....	79
2.41 แสดงสัดส่วนมือในการใช้งานแบบต่างๆ.....	80
2.42 แสดงขนาดสัดส่วนที่เกี่ยวข้องในการออกแบบของรัศมีของการเอี้อมในท่าต่างๆ.....	81
3.1 แผนดำเนินการพัฒนา.....	86
3.2 แบบร่างเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	87
3.3 แบบร่างเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	88
3.4 แบบร่างเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	89
3.5 แบบร่างเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	90
3.6 แบบร่างเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	91
ค1 เครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	131
ค2 ร่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	131
ค3 ปุ่มเปิดปิด เครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	132
ค4 ใบมีดเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม.....	132
ง1 การขอคำปรึกษาจากผศ.ดร. อนันต์ วงศ์กระจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.....	134
ง2 การขอคำปรึกษาจาก อาจารย์ พรชัย หอสุวรรณศักดิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออกวิทยาเขตอุเทนถวาย.....	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ง3 การประเมินเครื่อง ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....	135
ง4 การสำรวจข้อมูลกลุ่มแม่บ้านแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี.....	135



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิญญู ศักดาพร (2546 : 1) มนุษย์รู้จักการถนอมอาหารและการแปรรูปอาหารไว้สำหรับบริโภค โดยในระยะแรกนั้นมนุษย์เรียนรู้วิธีการถนอมอาหารและการแปรรูปแบบง่าย ๆ เช่น การปิ้ง การย่าง การตากแห้ง เมื่อมนุษย์มีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น จึงได้คิดวิธีการดัดแปลงการแปรรูปอาหารใหม่ ๆ ขึ้นอีกหลายวิธีการเพื่อเป็นการเก็บรักษาอาหาร ต่อมาเมื่อประชากรมีเพิ่มมากขึ้น ความต้องการอาหารเพื่อการบริโภคก็เพิ่มตามไปด้วย ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวิธีการแปรรูปอาหารในลักษณะการผลิตแบบครัวเรือนไปสู่การผลิตแบบอุตสาหกรรมอาหาร โดยการนำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการผลิต วิธีการที่เหมาะสมจำเป็นต้องหาทางใช้ประโยชน์จากผลิตผลทางการเกษตรก่อนที่ ผลิตผลเกษตรนั้นจะเสื่อมเสียไป โดยนำผลิตผลการเกษตรผ่านการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เพื่อสนองความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจของประเทศ

การถนอมอาหารสิ่งที่สำคัญในการถนอมอาหารอย่างหนึ่งก็คือบรรจุภัณฑ์ในการห่อหุ้มอาหารในอดีตและปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการห่อหุ้มอาหารมีอิทธิพลอย่างมากต่อการถนอมและดูแลรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร จะเห็นได้จากแนวคิดของคณิน บุญเกียรติ (2535 : 70) ที่กล่าวว่า ผลิตผลทางการเกษตรทางอาหารภายหลังการเก็บเกี่ยวหรือการแปรรูป จะมีกระบวนการหายในการระบายความร้อน การคายน้ำ และมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาต่างๆ การเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยลดกระบวนการดังกล่าวให้เกิดช้าลง และเมื่อนำผลผลิตที่มีคุณภาพสูงมาใส่บรรจุในภาชนะ จะรักษาคุณภาพที่ดีของผลิตผลให้คงอยู่ได้นานขึ้นถึงแม้ภาชนะบรรจุไม่ได้เป็นตัวช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตให้ดีขึ้นก็ตาม

ด้วยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุภัณฑ์มีส่วนช่วยให้การเก็บรักษาอาหารแปรรูป รวมถึงช่วยในการถนอมอาหาร ได้เป็นอย่างดี และจะยิ่งช่วยเสริมให้มีการลดกระบวนการที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์อาหารให้ลดน้อยลง ช่วยลดทุนในด้านราคา ทุนการผลิตได้เป็นอย่างมาก หากทำให้ลดความเสียหาย และต้นทุนการลงทุนในการจัดการผลิตให้ลดลงมาให้ความเหมาะสมกับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ได้ก็จะเป็นการช่วยส่งเสริมกิจการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ที่กำลังมีการขยายตัวเป็นอย่างมาก

การดำรงชีวิตอยู่มนุษย์จำเป็นต้องบริโภค แต่ละคนจึงต่างแสวงหาสินค้าและบริการ เพื่อสนองความต้องการในการบริโภค อีกทั้งสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลง ประชาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่ได้รับการศึกษาเพิ่มขึ้นและความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี พหุติกรรมผู้บริโภค ปัจจุบันในการซื้อสินค้าหรือบริการแต่ละครั้ง ผู้บริโภคเพิกษาสินค้าที่มีคุณภาพ จะตอบสนองความต้องการสูงสุด ดังนั้นผู้ประกอบการกิจการผลิตสินค้าตลาดแบบดั้งเดิม ซึ่งเน้นการผลิตมากกว่าคุณภาพและบริการที่ดี แต่ในปัจจุบันการแข่งขันทางการตลาดรุนแรงมากขึ้น จึงเกิดแนวความคิดทางการตลาดแบบสมัยใหม่เน้นคุณภาพและบริการที่เป็นเลิศเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า ผู้วิจัยจึงคิดค้นนวัตกรรมสิ่งใหม่ เพื่อรองรับการผลิตที่มีจำนวนมากและคุณภาพมาตรฐานในการตัดแต่ละครั้ง ความประณีตในการตัดปลาเค็ม ทำให้สินค้าลดตำหนิ และความสวยงามอีกด้วย อีกทั้งลดปัญหาในการตัดปลา ด้วยมีดเล่มเล็ก ๆ ธรรมดา ซึ่งจะทำให้สินค้าเสียรูปไม่สวย และลดปัญหาอุบัติเหตุในสถานประกอบการ นอกจากจะช่วยลดปัญหาต่าง ๆ แล้วยังช่วยในการควบคุมสต็อกสินค้าคงคลัง

ปลาเป็นสินค้าที่เป็นอาหารสำหรับการบริโภค จากตั้งแต่อดีต ซึ่งในอดีต การบริโภคปลานั้น มีวิธีการบริโภคปลาโดยนำมาผ่านกรรมวิธีทำให้สุกก่อน เช่น นำปลามาทอด นำมาย่าง และการนำมาทำปลาเค็มโดยวิธีการ นำปลาไปตากแห้ง ในส่วนของปลาที่นิยมนำมากินมาก และสามารถเก็บไว้ได้นาน ก็คือปลาอินทรี ปลาอินทรี เป็นปลาที่นิยมนำมาทำปลาเค็มซึ่งรสชาติดีกว่าปลาอื่น ๆ ซึ่งแต่เดิม กรรมวิธีในการผลิตปลาอินทรีนั้นคือการนำปลาอินทรีมาตากแห้ง เมื่อแห้งได้ที่แล้วก็นำมาหั่นโดยวิธีการหั่นจะใช้มีดหั่นซึ่งในการหั่นแต่ละครั้ง จะได้ขนาดของปลาไม่เท่ากันซึ่งทำให้ปลาเสียรูป มีตำหนิซึ่งทำให้สินค้าเสียราคาในการจำหน่าย และยังช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุซึ่งเกิดจากการตัดด้วยมืออีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมีการคิดค้นอุปกรณ์ที่ช่วยในการตัดปลาเพื่อช่วยลดปัญหาระยะเวลา และเพื่อให้ตอบสนองความต้องการในการใช้งาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรี
- 1.2.2 เพื่อประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 1.2.3 เพื่อประเมินทางด้านวิศวกรรม
- 1.2.4 เพื่อแสดงความคิดเห็นทางการใช้งาน
- 1.2.5 เพื่อเปรียบเทียบการตัดปลาอินทรีแบบดั้งเดิม กับการตัดปลาด้วยเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

### 1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเรื่องการออกแบบ และสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรี โดยผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด และทฤษฎีทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ควรคำนึงถึงหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ 9 ประการ แต่ผู้วิจัยนำมาเป็นกรอบในการวิจัยเพียง 5 ประการดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย
2. ความสะดวกสบายในการใช้งาน
3. ความแข็งแรง
4. ความสวยงามน่าใช้

กรอบแนวคิดด้านวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดของ อนันต์ วงศ์กระจ่าง (2525: 39) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ในการออกแบบต้องคำนึงถึง ความแข็งแรงเป็นหลัก โดยมีข้ออื่น ๆ อีก 21 ข้อ แต่ผู้วิจัยนำมาใช้เพียง 4 ข้อ ดังนี้

1. ความแข็งแรง
2. การสึกหรอ
3. ความปลอดภัย
4. การซ่อมแซม

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตัดปลาอินทรี โดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

#### 1.4.1 ตัวแปรที่จะศึกษา

##### 1.4.1.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

1. เครื่องตัดปลาอินทรี
2. กรรมวิธีการตัดปลาแบบดั้งเดิม กับการตัดปลาด้วยเครื่องตัดปลา

##### 1.4.1.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ความพึงพอใจทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์
2. ความพึงพอใจทางด้านวิศวกรรม
3. ความคิดเห็นทางด้านการใช้งานจากผู้ใช้
4. คุณภาพของเนื้อปลาเค็มที่ตัดด้วยเครื่อง

## 1.4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

โดยผู้วิจัยได้กำหนดประชากร และกลุ่มตัวอย่างไว้ดังนี้

### กลุ่มประชากรได้แก่

- กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญทางการออกแบบผลิตภัณฑ์
- กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มแม่บ้านที่ทำการผลิตปลาอินทรีเค็ม ในจังหวัดเพชรบุรี
- กลุ่มที่ 4 ซีนปลาที่นำมาใช้ในการทดลอง

### กลุ่มตัวอย่างได้แก่

- กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ 3 ท่าน
- กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม 3 ท่าน
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มแม่บ้านที่ทำการผลิตปลาอินทรีเค็ม ในจังหวัดเพชรบุรี โดย

แบ่งออกดังนี้

1. กลุ่มแม่บ้านแหลมผักเบี้ย 10 คน
2. กลุ่มแม่บ้านบางแก้ว 10 คน
3. กลุ่มแม่บ้านหาดเจ้าสำราญ 10 คน
- กลุ่มที่ 4 ซีนปลาที่นำมาใช้ในการทดลอง 60 ชิ้น

## 1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 การออกแบบหมายถึง กระบวนการคิดค้นสิ่งใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งาน ในที่นี้หมายถึง เครื่องตัดปลาอินทรีเค็ม

1.5.2 การสร้าง หมายถึง การสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม

1.5.3 เครื่องตัดปลาอินทรีเค็ม หมายถึง เครื่องทุ่นแรงที่นำมาตัดปลาอินทรีเค็มเพื่อสามารถตัดได้หลาย ๆ รัน และเพื่อเพิ่มคุณภาพของเนื้อปลาที่ถูกตัดด้วยเครื่อง

1.5.4 สถานประกอบการ หมายถึง สถานประกอบการที่ผลิตปลาอินทรีเค็ม

1.5.5 การออกแบบผลิตภัณฑ์ หมายถึง การออกแบบ โดยยึดหลัก 4 ประการดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย
2. ความสะดวกสบายในการใช้งาน
3. ความแข็งแรง
4. ความสวยงามน่าใช้

1.5.6 การออกแบบด้านวิศวกรรม หมายถึง การออกแบบ โดยยึดหลักเพียง 4 ข้อ ดังนี้

1. ความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การลึกรหรือ
3. ความปลอดภัย
4. การซ่อมแซม

1.5.7 ด้านการใช้งาน หมายถึง การใช้งานของเครื่องตัดปลาอินทรีที่เน้นด้านการใช้งาน โดยยึดหลักด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ 4 ด้าน

1.5.8 แสดงความคิดเห็น หมายถึง กลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นเครื่องตัดปลาอินทรี ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้านวิศวกรรม ด้านการใช้งาน

1.5.9 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ หมายถึง ผู้ที่มีความชำนาญการในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ในที่นี้หมายถึงอาจารย์ที่สอนทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ในมหาวิทยาลัยของรัฐบาล

1.5.10 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม หมายถึง ผู้ที่มีความชำนาญในเรื่องของระบบการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

1.5.11 คุณภาพของปลาอินทรีเค็ม หมายถึง คุณภาพของเนื้อปลาอินทรีเค็มที่ทำการตัดด้วยเครื่องที่ได้ออกแบบขึ้นในที่นี้หมายถึงความปลอดภัยในการตัด ขนาดของชิ้นปลาเค็มที่มีขนาดเท่ากันรวมไปถึง ลคการสูญเสียของเนื้อปลาอินทรีเค็ม

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาในภาคเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้มีการศึกษาข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีเค็มสำหรับกลุ่มธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยมีการศึกษาในภาคเอกสารทฤษฎี และรวมถึงผลงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม
- 2.2 การนำเข้าเสียของอาหาร
- 2.3 การถนอมและการแปรรูปอาหาร
- 2.4 การศึกษาเทคนิคการตัดที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่องตัดปลาอินทรีเค็ม
- 2.5 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 2.6 หลักการออกแบบเครื่องจักรกล
- 2.7 วัสดุและกรรมวิธีการผลิต
- 2.8 สัดส่วนมนุษย์กับการออกแบบ
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

#### 2.1.1 ความหมายของ ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME)

SMEs ย่อมาจากภาษาอังกฤษ Small and Medium Enterprises หรือแปลเป็นภาษาไทยว่า “ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม” สำหรับความหมายของธุรกิจ (Enterprises) ครอบคลุมกิจการ 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1. กิจการผลิต (Production Sector) ครอบคลุมการผลิตในภาคเกษตรกรรม (Agricultural Processing) ภาคอุตสาหกรรม (Manufacturing) และเหมืองแร่ (Mining)
2. กิจการค้า (Trading Sector) ครอบคลุมการค้าส่ง (Wholesale) และการค้าปลีก (Retail)
3. กิจการบริการ (Service Sector)

ส่วนลักษณะขนาดของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม กำหนดจากมูลค่าขั้นสูงของสินทรัพย์ถาวร สำหรับกิจการแต่ละประเภท ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 ความสำคัญของ SMEs ต่อระบบเศรษฐกิจ

SMEs คือ ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เป็นธุรกิจที่มีความเหมาะสม มีความคล่องตัว ในการปรับสภาพให้เข้ากับสถานการณ์ทั่วไปของประเทศ อีกทั้งยังเป็นวิสาหกิจที่ใช้เงินทุนใน จำนวนที่ต่ำกว่าวิสาหกิจขนาดใหญ่ และยังช่วยรองรับแรงงานจากภาคเกษตรกรรมเมื่อหมดฤดูกาล เพาะปลูก รวมถึงเป็นแหล่งที่สามารถรองรับแรงงานที่เข้ามาใหม่ เป็นการป้องกันการอพยพของ แรงงานเข้ามาหางานทำในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลซึ่งช่วยกระจายการกระจุกตัวของ โรงงาน กิจการธุรกิจ ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลไปสู่ภูมิภาค ก่อให้เกิดการพัฒนาความเจริญเติบโตทาง เศรษฐกิจทั้งในส่วนภูมิภาคและของประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

จากการรายงานของธนาคารกรุงเทพ ระบุว่าในปี 2541 ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งประกอบด้วย กิจการการผลิต การค้า และธุรกิจบริการ มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 311,518 รายคิด เป็นสัดส่วน 92% ของธุรกิจทั้งหมดในประเทศในจำนวนนี้เป็นวิสาหกิจประเภทการค้า (ค้าส่ง ค้าปลีก ภัตตาคารและโรงแรม) มากที่สุด 134,171 ราย คิดเป็น 43% รองลงมาเป็นภาคการผลิต จำนวน 90,122 ราย คิดเป็น 28.9% และการบริการ จำนวน 87,225 ราย คิดเป็น 28.7%

### 2.1.3 การกำหนดส่วนลักษณะของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

ส่วนลักษณะของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม กำหนดจากมูลค่าของทรัพย์สินถาวร สำหรับกิจการแต่ละประเภทดังนี้ สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (2545) [Online]

#### ตารางที่ 2.1 ประเภทวิสาหกิจ

ประเภท	ขนาดกลาง	ขนาดย่อม
1. กิจการผลิต	ไม่เกิน 200 ล้านบาท	ไม่เกิน 50 ล้านบาท
2. กิจการบริการ	ไม่เกิน 200 ล้านบาท	ไม่เกิน 50 ล้านบาท
3. กิจการการค้า		
- ค้าส่ง	ไม่เกิน 100 ล้านบาท	ไม่เกิน 50 ล้านบาท
- ค้าปลีก	ไม่เกิน 60 ล้านบาท	ไม่เกิน 30 ล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงป้ายตัวอย่างธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

## 2.2 การนำเสียบของอาหาร

### 2.2.1 สาเหตุของการเกิดอาหารเน่าเสีย

อาหารเน่าเสียมักเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือเกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งทำให้คุณสมบัติของอาหารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือ อาหารมีลักษณะนุ่ม เน่า มีเชื้อราขึ้น หรือมีกลิ่นรสผิดปกติ ยีสต์ย่อยน้ำตาลเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้การนำเสียบของอาหารมีสาเหตุจากทางกายภาพอีกด้วย เช่น เกิดจากการบรรจุและระบบการขนส่งทำให้วัตถุดิบมีการแตกหัก มีรอยชำร่วย รอยขีดข่วน และมีการฉีกขาดของเซลล์ผิวและเนื้อเยื่อของอาหาร (จิตรณา แจ่มเมฆ และคณะ. 2540 : 73-74)

### 2.2.2 กลไกที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541 : 117-122) ได้กล่าวว่าในสภาพความเป็นจริงปฏิกิริยาต่างๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเสื่อมคุณภาพมีอยู่มากมาย คุณภาพที่เสื่อมสามารถเห็นเป็นรูปธรรมได้แก่สีที่เปลี่ยนไป รสชาติเปลี่ยน กลิ่นเปลี่ยนและที่สำคัญคือ คุณค่าทางอาหารที่หายไปปฏิกิริยาต่างๆ ที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเหล่านี้มีการเปลี่ยนไปอาจเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. อากาศ ออกซิเจนในอากาศ นับได้ว่าเป็นศัตรูหมายเลขหนึ่งของสินค้าประเภทอาหารเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อาจเกิดกับไขมันและ โปรตีนในอาหารทำให้เสียรสชาติและเกิดกลิ่นหืน แหล่งที่ปล่อยออกซิเจนมาทำปฏิกิริยาอาจจะมีอยู่ในตัวอาหารเองหรือมาจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการบรรจุอาหารจึงต้องพยายามลดปริมาณของอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ (Head Space) ใช้หลักการเดียวกันนี้โดยการดูดเอาอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ออก เกือบหมด เพื่อลดโอกาสในการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนกับอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ความชื้น** ความชื้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารความชื้นมีผลต่อเนื้อสัมผัส เช่น ความนุ่ม ความเหนียว ความกรอบ เป็นต้น มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้อาหารเน่าเสียได้ มีผลต่อปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมัน ปฏิกิริยาที่เกิดจากการกระทำของเอนไซม์ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ย่อมกล่าวได้ว่าความชื้นเปรียบเสมือนดาบสองคมสำหรับ ผลิตภัณฑ์อาหาร ความชื้น ที่มีจำนวนเหมาะสมจะเป็นองค์ประกอบในการช่วยถนอมรักษาคุณภาพอาหารด้วยการลดปฏิกิริยาชีวเคมีและเคมีของอาหารหากความชื้นมีน้อยเกินไปจะทำให้อาหารเปราะแตกง่าย ในการแปรรูปอาหารจึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมปริมาณของน้ำที่จะช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ การอบแห้งจะต้องดึงน้ำออกจากอาหารให้เหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ขึ้นกับชนิดของอาหาร และหากต้องการที่จะป้องกันการเสื่อมจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีควรให้มีปริมาณน้ำในอาหารต่ำลงอีกจนถึงประมาณร้อยละ 5

3. **กลิ่น** กลิ่นหอมที่ชวนรับประทานของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด และกลิ่นหอมนี้เป็นคุณสมบัติเด่นประจำอาหารแต่ละชนิด ส่วนผสมของเคมีอาจมีมากถึง 20 ชนิด ตัวอย่างเช่น ในน้ำส้มที่ให้กลิ่นส้มอันน่ารับประทานโดยปกติกลิ่นเหล่านี้จะระเหยไปเมื่อถูกความร้อนดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่จะถนอมรักษากลิ่นเหล่านี้ไว้ในบรรจุภัณฑ์ไม่ให้หลุดหายมากเกินไปในระหว่างการผ่านกระบวนการผลิต เช่น การฆ่าเชื้อ การเก็บรักษา

4. **การแยกตัว (Migration)** การแยกตัวของสารจากบรรจุภัณฑ์เข้าสู่อาหารมักเกิดกับพลาสติกเนื่องจากพลาสติก โดยปกติประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่ แต่มีส่วนผสมของ สารโมเลกุลขนาดเล็กที่มีโอกาสแยกตัวออกมา แล้วเข้าไปผสมกับอาหารที่บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งถ้ามีการแยกตัวมากอาจไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคเข้าสู่ร่างกาย โดยปกติการแยกตัวดังกล่าวเกิดขึ้นที่ปริมาณน้อยจนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และไม่เป็นอันตรายเพราะวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีของวัสดุศาสตร์และการแปรรูป นอกจากนี้การแยกตัวนี้จะมีผลทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติขึ้นมาก็จะไม่เป็นที่ยอมรับ

5. **แสงที่ส่องผ่านบรรจุภัณฑ์** แสงมักจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ปรากฏการณ์ที่พบได้บ่อยมี 2 กรณีคือ

1. แสงจะทำให้คุณค่าอาหารลดลงแม้ว่าจะไม่มีผลต่อรสชาติ ตัวอย่างที่เห็นชัดที่สุดคือ นม สารที่มีคุณค่าต่อสุขภาพในนม จะเสื่อมคุณภาพเพราะแสงโดยเฉพาะแสงเหนือม่วง (Ultraviolet)

2. มีการเปลี่ยนแปลงต่อรสชาติ ทำให้อาหารไม่เป็นที่ยอมรับเบียร์ที่เห็นอยู่ทั่วไปมักบรรจุในขวดสีชาหรือสีเขียว เนื่องจากแสงสามารถทำให้รสชาติเปลี่ยนได้หรือรสชาติเปลี่ยนเป็นสีเข้มเมื่อได้รับแสงและมีออกซิเจนอยู่มากพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความร้อนและความเย็น แม้ว่าการถนอมอาหารบางชนิดจะใช้ความร้อนช่วยในการรักษาคุณภาพอาหาร แต่การใช้ความร้อนหรือความเย็นเกินขนาดกลับจะเป็นผลร้ายต่อคุณภาพอาหาร การได้รับความร้อนเกินขนาดจะทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหารที่เรียกกันว่าสุกมากเกินไป (Overcook) ในทางกลับกันการให้ความเย็นมากเกินไปจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่าไหม้ด้วยความหนาว (Freeze Burn) เหตุการณ์ทั้ง 2 นี้ สามารถผ่อนหนักเป็นเบาได้ด้วยการใช้ วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมความร้อนที่มากเกินไปแก้ไขได้โดยการเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อนได้ดีขึ้น ส่วนการถูกไหม้ด้วยความหนาวนั้นใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ห่อผลิตภัณฑ์อาหารให้แน่นด้วยวัสดุป้องกันความชื้น

7. อันตรายทางกายภาพ ในระหว่างการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหาร มีโอกาสเสียดสี กระทบ กดทับ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีผิวเปราะบาง เช่น ผัก ผลไม้สด ของทอด ย่อมมีโอกาสชำรุดและแตกหัก เปิดโอกาสให้จุลินทรีย์ และสัตว์ตัวเล็กๆ เช่น มด เข้าไปทำลายอาหารได้ ความเสียหายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นนี้ย่อมลดโอกาสการจำหน่ายของสินค้า

8. สัตว์ต่างๆ ประเมินกันว่าผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตรที่มีอยู่ในโลกนี้ประมาณ 30% ถูกทำลายด้วยสัตว์ตัวเล็กตัวน้อย ตั้งแต่หนู ตัวแมลง โดยเฉพาะการเก็บเกี่ยวหรือการเก็บในคลังสินค้าของวัตถุดิบต่างๆ ความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจมีตั้งแต่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารหรือผลิตภัณฑ์เกษตรปนเปื้อน ลดคุณค่าทางอาหารหรือเสียหายเนื่องจากกลายเป็นอาหารของสัตว์เหล่านี้ไป

### 2.2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ

สำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับการเตรียมวัตถุดิบอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทำแห้งและสภาวะการเก็บที่ต่างกันไป การทำแห้งผักผลไม้ การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการจากการเตรียมวัตถุดิบมักจะมากกว่าจากกระบวนการทำแห้ง จากการติดตามการสูญเสียวิตามินซีในการผลิตแอปเปิ้ลเกล็ด พบว่าการสูญเสียจากการหั่นจะมีค่า 8% จากการลวก 62% จากการบด 10% และจากการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเพียง 5%

ระหว่างการทำแห้ง สารละลายของวิตามินที่ละลายน้ำในอาหารจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น สารละลายของวิตามินบางชนิดอาจจะมีค่าเข้มข้นสูงจนถึงระดับอิ่มตัว และมีวิตามินตกตะกอนออกมา แต่การสูญเสียในลักษณะนี้จะน้อยวิตามินบางชนิด เช่น วิตามินซี จะมีการละลายสูงมากและไม่เกิดการตกตะกอนการสูญเสียวิตามินซีจะเกิดความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันสภาวะการทำแห้งจึงควรใช้เวลาสั้นอุณหภูมิต่ำ และควบคุมออกซิเจนและความชื้นให้น้อยที่สุดส่วนวิตามินที่ละลายน้ำชนิดอื่นๆ จะทนต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า และมีการสูญเสียเพียง 5-10% ซึ่งรวมทั้งการสูญเสียจากการลวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินที่ละลายในน้ำจะไม่ถูกเพิ่มความเข้มข้นเช่นเดียวกับวิตามินที่ละลายน้ำแต่อย่างไรก็ตามการลดปริมาณน้ำลงอาจทำให้ความเข้มข้นของโลหะ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นได้ วิตามินที่ละลายในไขมันจะเกิดการสูญเสียซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันการลดการสูญเสียวิตามินเหล่านี้ระหว่างการเก็บจะทำโดยการลดปริมาณออกซิเจน ลดอุณหภูมิเก็บ และป้องกันแสง

คุณค่าและการย่อยของ โปรตีนในอาหารแห้งส่วนใหญ่จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแต่การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งจะทำให้โปรตีนนมเกิดการแปรสภาพธรรมชาติบางส่วนทำให้การละลายของนมผง และการตกตะกอนของน้ำนมที่ได้จากการคั้นรูปนมผลนี้ลดลงคุณค่าของโปรตีนจะลดลง 8 – 30% ขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ส่วนการทำแห้งโดยการใช้เครื่องมือแบบฉีดพ่นกระจายจะไม่มีผลต่อคุณค่าของโปรตีนนม การเก็บนมผงที่มีความชื้นมากกว่า 5% ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้คุณค่าของโปรตีนนมลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ดระหว่างแลคโตสกับไลซีน ไลซีนจะสูญเสียเนื่องจากความร้อนในปริมาณ 3-10% สำหรับการทำให้แห้งที่ใช้เครื่องมือแบบฉีดพ่นกระจาย และ 5-40% เมื่อใช้เครื่องมือแบบลูกกลิ้ง

ส่วนการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตอื่นน้อยมาก แต่เนื่องจากอาหารแห้งซึ่งได้จากกระบวนการนี้จะมีโครงสร้างโปรตีนพรุนซึ่งช่วยให้ออกซิเจนสามารถเข้าไปทำการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันภายในชั้นอาหารได้ดีขึ้นอาหารเหล่านี้จึงมักบรรจุภายในก๊าซเฉื่อยหรือภายในสุญญากาศการเปลี่ยนแปลงและสูญเสียของไทอามีน วิตามินซี และวิตามินอื่นๆ จะมีน้อยส่วนมากการสูญเสียจะเกิดขึ้นในช่วงการเตรียมวัตถุดิบ (กิติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2536 : 520-521)

## 2.3 การถนอมและการแปรรูปอาหาร

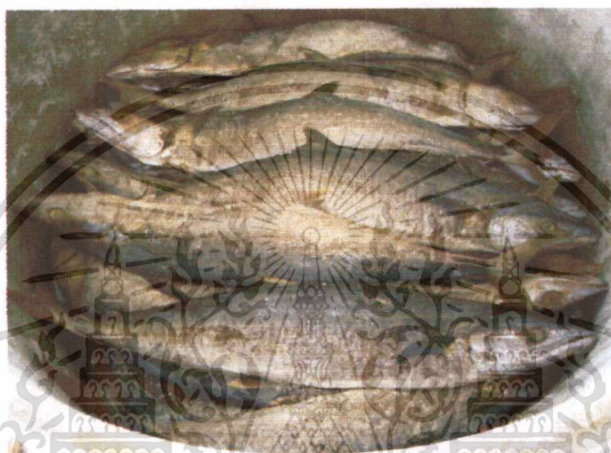
### 2.3.1 การถนอมและการแปรรูปอาหาร แบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. การเก็บรักษาผลิตผลสดไว้เพื่อใช้บริโภคให้นานขึ้น หรือทำการส่งขายในรูปของสด
2. การแปรรูปแล้วเก็บรักษาไว้ซึ่งเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

อย่างไรก็ตามจะต้องกล่าวถึงสาเหตุที่สำคัญของการเสื่อมเสียของผักและผลไม้เสียก่อนเพื่อความเข้าใจในการปฏิบัติที่ถูกต้อง การเสื่อมเสียที่พบเห็นนั้นได้แก่ ผักและผลไม้หลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วเหี่ยวลง สุกเร็ว นิ่มและเน่าไปในที่สุด สิ่งเหล่านี้เป็นการเสื่อมเสียของคุณภาพที่ต้องการของผักและผลไม้มีสาเหตุที่สำคัญเกิดจาก

(1) สรีระวิทยาของผักและผลไม้ ผักและผลไม้มีระบบแบบสิ่งมีชีวิตทั่วไป มีเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น การหายใจ การคายน้ำและการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ สาเหตุเหล่านี้อาจชะลอได้ด้วยการทำให้เย็นในระดับหนึ่ง

(2) สิ่งแวดล้อม ตั้งแต่สภาพการเก็บเกี่ยว การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว การขนถ่าย การขนส่ง การบรรจุ การเก็บรักษาในช่วงสั้นๆ ก่อนการจำหน่าย ความสกปรก เชื้อจุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ สิ่งเหล่านี้จะต้องมีการแก้ไขเฉพาะอย่าง ต้องมีความระมัดระวัง และการเตรียมปฏิบัติการที่ถูกต้องก็จะช่วยยืดอายุผลิตผลได้นานขึ้น



ภาพที่ 2.2 แสดงการถนอมและการแปรรูปอาหารปลาอินทรีเค็ม

### 2.3.2 การแปรรูปและการถนอมผลิตภัณฑ์

โดยหลักการแล้ววิธีถนอมและแปรรูปอาหารนั้นมีหลายวิธี ซึ่งให้ผล 2 ลักษณะคือ การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปแล้วไว้ให้นาน ความสามารถในการเก็บรักษานั้นขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้เป็นสำคัญ การถนอมอาหารบางครั้งอาจจะใช้วิธีเดียวหรือหลายๆวิธีรวมกัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการแปรรูปและเก็บรักษาอาหารไว้ให้นานที่สุด

วิธีการถนอมผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้มีดังนี้

1. การตากแห้ง (อบแห้ง)
2. การใช้ความเย็น
3. การหมักดอง
4. การกำจัดอากาศ
5. การใช้ความร้อน
6. การแช่เยือกแข็ง
7. การใช้สารเคมี

(จิตรนา แจ่มเมฆ และคณะ.2540 : 171-172)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงวิธีการถนอมผลิตภัณฑ์โดยการตากแห้ง

## 2.4 การศึกษาเทคนิคการตัดที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่องตัดปลาอินทรีเค็ม

### 2.4.1 ระบบกลไกเกี่ยวกับคมมีดหรือคมตัด

ลักษณะของคมมีดที่ใช้ในการตัดเนื้อ โดยทั่วไปแล้วจะมีหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับประเภทหรือลักษณะการใช้งานว่าจะสำหรับตัดเนื้อวัสดุที่มีความแข็งมากหรือน้อยเพียงใดเป็น โลหะหรือไม่ใช่โลหะ แต่สำหรับคมมีดที่จะมาใช้สำหรับตัดหรือซอยหมากนี้จะถือเป็นผลไม้ชนิดหนึ่ง ซึ่งไม่มีความแข็งแรงเหมือนกับ โลหะ จึงสามารถที่จะใช้วัสดุคมตัดที่เป็นลักษณะคมมีดเป็นแผ่นบาง ๆ เหมือนมีดปอกเปลือกผลไม้ทั่ว ๆ ไป หรือหั่นซอยประเภทผักต่าง ๆ ได้ แต่สำหรับวัสดุที่จะนำมาทำคมมีดควรจะเป็นวัสดุที่ไม่เป็นสนิม และสามารถชุบแข็งได้ในที่นี้จะกล่าวถึงเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งเป็นเหล็กที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

ความจริงแล้วเหล็กกล้าไร้สนิมมีมากมายหลายประเภท โดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณ โครเมียม และขึ้นอยู่กับโครงสร้าง ในที่นี้จะแยกประเภทของ เหล็กกล้าไร้สนิม โดยอาศัยลักษณะแตกต่างของโครงสร้างออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เหล็ก เฟอร์ริติก สแตนเลส เป็นเหล็กที่มีโครงสร้างเป็นเฟอร์ไรต์ สามารถทนต่อการเป็นสนิมได้ดี ในบรรยากาศทั่ว ๆ ไป ยกเว้นในน้ำทะเลและในบรรยากาศอุตสาหกรรมบางประเภท โดยเฉพาะที่เป็นกรด การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ทำพวกอ่างล้างในห้องครัว ทำมีด ซ้อนส้อม และชิ้นงานประเภทตกแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เหล็ก มาร์เทนซิติค สแตนเลส เป็นเหล็กที่มีโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ ซึ่งจะมีคุณสมบัติแข็งและทนต่อการกัดกร่อน การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ทำพวก อุปกรณ์ผ่าตัดในโรงพยาบาล และมีดตัดทั่ว ๆ ไป ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

3. เหล็ก ออสเทนนิติก สแตนเลส เป็นเหล็กผสมชนิดเดียวที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนในบรรยากาศทั่ว ๆ ไปได้ดี แม้บรรยากาศที่อยู่ใกล้ทะเล การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ทำพวก อ่างล้าง และ ภาชนะต่าง ๆ (มานพ ดันตระกูล. 2536 : 95)

## 2.5 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ดีย่อมเกิดมาจากการออกแบบที่ดีในการออกแบบผลิตภัณฑ์ นักออกแบบต้องคำนึงถึงหลักการทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ที่ดีเอาไว้ว่า ควรจะมีองค์ประกอบอะไรบ้างแล้วใช้ความคิดสร้างสรรค์ วิธีการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาเสนอแนวคิดให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมตามหลักการออกแบบ โดยหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่นักออกแบบควรคำนึงถึงนั้นมีอยู่ 9 ประการ คือ

1. หน้าที่ใช้สอย (Function)
2. ความปลอดภัย (Safety)
3. ความแข็งแรง (Construction)
4. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)
5. ความสวยงาม (Aesthetes)
6. ราคาพอสมควร (Cost)
7. การซ่อมแซมง่าย (Ease of Maintenance)
8. วัสดุและการผลิต (Materials and Production)
9. การขนส่ง (Transportation)

### 1. หน้าที่ใช้สอย

หน้าที่ใช้สอยถือเป็นหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกที่ต้องคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ทุกชนิด ต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์นั้นถือว่าเป็นประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์นั้นก็ถือว่าไม่มีประโยชน์ใช้สอยไม่ดีเท่าที่ควร (Low Function)

สำหรับคำว่าประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) นั้น คลด์ รัตนัทสนีย์ (2528 : 1) ได้กล่าวไว้ว่า เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจขอให้ดูตัวอย่างการออกแบบมีดหั่นผักมีประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) ยังไม่ได้ จะต้องมององค์ประกอบอื่นร่วมอีก เช่น ด้ามจับของมีดนั้นจะต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความโค้งเว้าที่สัมพันธ์กับขนาดของมือผู้ใช้ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดความสะอึกสะอื้นในการหัน ผักด้วย และภายหลังจากการใช้งานแล้วยังสามารถทำความสะอาดได้ง่าย การเก็บและการบำรุงรักษาจะต้องง่ายสะดวกด้วย ประโยชน์ใช้สอยของมิดจึงจะครบถ้วนและสมบูรณ์

เรื่องหน้าที่ใช้สอยนับว่าเป็นสิ่งที่ละเอียดอ่อนซับซ้อนมาก ผลิตภัณฑ์บางอย่างมีประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้คนที่ทั่ว ๆ ไปทราบเบื้องต้นว่า มีหน้าที่ใช้สอยแบบนี้ แต่ความละเอียดอ่อนที่นักออกแบบได้คิดออกมานั้น ได้ตอบสนองความสะดวกสบายอย่างเต็มที่ เช่น มิดในครัว มีหน้าที่หลักคือใช้ความคมช่วยในการหัน สับ แต่เราจะเห็นได้ว่ามีการออกแบบมิดที่ใช้ในครัวอยู่มากมายหลายแบบหลายชนิดตามความละเอียดในการใช้ประโยชน์เป็นการเฉพาะที่แตกต่าง เช่น มิดสำหรับปอกผลไม้ มิดแกะเนื้อสัตว์ มิดสับกระดูก มิดบะช่อ มิดหันผัก เป็นต้น ซึ่งก็ได้มีการออกแบบลักษณะแตกต่างกันออกไปตามการใช้งาน ถ้าหากมีการใช้มิดอยู่ชนิดเดียวแล้วใช้กันทุกอย่างตั้งแต่แกะเนื้อ สับบะช่อ สับกระดูก หันผัก ก็อาจจะใช้ได้ แต่จะไม่ได้ความสะดวกเท่าที่ควร หรืออาจได้รับอุบัติเหตุขณะที่ใช้ได้ เพราะไม่ใช่ประโยชน์ใช้สอยที่ได้รับการออกแบบมาให้ใช้เป็นการเฉพาะอย่าง

การออกแบบเก้าอี้ก็เหมือนกัน หน้าที่ใช้สอยเบื้องต้นของเก้าอี้ คือใช้สำหรับนั่ง แต่นั่งในกิจกรรมใดนั่งในห้องรับแขก ขนาดลักษณะรูปแบบเก้าอี้ก็เป็นความสะดวกในการนั่งรับแขกพูดคุยกัน นั่งรับประทานอาหาร ขนาดลักษณะเก้าอี้ก็เป็นความเหมาะสมกับโต๊ะอาหาร นั่งเขียนแบบบนโต๊ะเขียนแบบ เก้าอี้ก็จะมีขนาดลักษณะที่ใช้สำหรับการนั่งทำงานเขียนแบบ ถ้าจะเอาเก้าอี้รับแขกมาใช้นั่งเขียนแบบ ก็คงจะเกิดการเมื่อยล้า ปวดหลัง ปวดคอ แล้วนั่งทำงานได้ไม่นาน ตัวอย่างดังกล่าวต้องการที่จะพูดถึงเรื่องของหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญและละเอียดอ่อนมาก ซึ่งนักออกแบบจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด

## 2. ความปลอดภัย

สิ่งที่อำนวยความสะดวกได้มากเพียงใด ย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกต่าง ๆ มักจะเกิดจากเครื่องจักรกลและเครื่องใช้ไฟฟ้า การออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจนหรือมีคำอธิบายไว้

ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็ก ต้องคำนึงถึงวัสดุที่เป็นพิษเวลาเด็กเอาเข้าปากกัดหรืออม นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้เป็นสำคัญ มีการออกแบบบางอย่าง ต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่าแบบธรรมดา แต่คาดไม่ถึงช่วยในการให้ความปลอดภัย เช่น การออกแบบหัวเกลียววาล์วถังแก๊ส หรือปุ่มเกลียว ร็อกโบทซ์ของพัดลมจะมีการทำเกลียวเปิดให้ซ้อนตรงกันข้ามกับเกลียวทั่ว ๆ ไป เพื่อความปลอดภัยสำหรับคนที่ไม่ทราบหรือเคยมือไปหมุนเล่นคือ ยิ่งหมุนก็ยิ่งขันแน่น เป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้

### 3. ความแข็งแรง

ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแรงในตัวของผู้ใช้คุณสมบัติของวัสดุและจำนวน หรือปริมาณของ โครงสร้าง ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีการรับน้ำหนัก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ต้องเข้าใจหลักโครงสร้างและการรับน้ำหนัก อีกทั้งต้องไม่ทิ้งเรื่องของความงามทางศิลปะ เพราะมีปัญหาว่า ถ้าใช้โครงสร้างให้มากเพื่อความแข็งแรง จะเกิดสวนทางกับความงาม นักออกแบบจะต้องเป็นผู้ดึงเอาทั้งสองสิ่งนี้เข้ามาอยู่ในความพอดีให้ได้

ส่วนความแข็งแรงของตัวผลิตภัณฑ์เองนั้นก็ขึ้นอยู่กับที่การออกแบบรูปร่างและการเลือกใช้วัสดุ และประกอบกับการศึกษาข้อมูลการใช้ผลิตภัณฑ์ว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องรับน้ำหนักหรือกระทบกระแทกอะไรหรือไม่ในขณะที่ใช้งานก็จะต้องทดลองประกอบการออกแบบไปด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ความแข็งแรงของ โครงสร้างหรือตัวผลิตภัณฑ์ นอกจากเลือกใช้ประเภทของวัสดุ โครงสร้างที่เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงความประหยัดควบคู่กันไปด้วย

### 4. ความสะดวกสบายในการใช้

นักออกแบบต้องศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์ทุกเพศ ทุกวัย ซึ่งจะประกอบด้วยความรู้ทางด้านขนาดสัดส่วนมนุษย์ (Anthropometry) ด้านสรีรศาสตร์ (Physiology) จะทำให้ทราบ ขีดจำกัดความสามารถของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบ หรือศึกษาด้านจิตวิทยา (Psychology) ซึ่งความรู้ในด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้จะทำให้ นักออกแบบ ออกแบบและกำหนดขนาด (Dimensions) ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ส่วนตรง ส่วนแคบของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างพอดีกับร่างกายหรืออวัยวะของมนุษย์ที่ใช้ ก็จะเกิดความสะดวกสบายในการใช้การไม่เมื่อยมือหรือเกิดการล้าในขณะที่ใช้ไปนาน ๆ ผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิชาดังกล่าว ก็จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้ใช้ร่างกายไปสัมผัสเป็นเวลานาน เช่น เก้าอี้ ค้ำมือ เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ การออกแบบภายในห้องโดยสารรถยนต์ ที่มีมือจับรถจักรยาน ปุ่มสัมผัสต่าง ๆ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ยกตัวอย่างมานี้ ถ้าผู้ใช้ผู้ใช้ได้เคยใช้มาแล้วเกิดความไม่สบายร่างกายขึ้น ก็แสดงว่าศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกลไม่ดีพอ แต่ทั้งนี้ก็ต้องศึกษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ดีกว่าก่อน จะไปเหมาว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ดี เพราะผลิตภัณฑ์บางชนิดผลิตมาจากประเทศตะวันตก ซึ่งออกแบบโดยใช้มาตรฐานผู้ใช้ของชาวตะวันตก ที่รูปร่างใหญ่โตกว่าชาวเอเชีย เมื่อชาวเอเชียนำมาใช้อาจจะไม่พอดีหรือหลวม ไม่สะดวกในการใช้งาน นักออกแบบจึงจำเป็นต้องศึกษาสัดส่วนร่างกายของชนชาติหรือเผ่าพันธุ์ที่ใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์

### 5. ความสวยงาม

ผลิตภัณฑ์ในยุคปัจจุบันนี้ความสวยงามนับว่ามีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าหน้าที่ใช้สอยเลย ความสวยงามจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อเพราะประทับใจ ส่วนหน้าที่ใช้สอย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะดีหรือไม่ต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่งคือ ใช้ไปเรื่อย ๆ ก็จะเกิดข้อบกพร่องในหน้าที่ใช้สอยให้เห็นภาพหลัง ผลิตภัณฑ์บางอย่างความสวยงามก็คือ หน้าที่ใช้สอยนั่นเอง เช่น ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกของโชว์ตึกแต่งต่าง ๆ ซึ่งผู้ซื้อเกิดความประทับใจในความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ความสวยงามจะเกิดมาจากสิ่งสองสิ่งด้วยกันก็คือ รูปร่าง (Form) และสี (Color) การกำหนดรูปร่างและสี ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่เหมือนกับการกำหนด รูปร่าง สี ในงานศิลปะแขนงอื่น ๆ เช่น จิตรกรรม ซึ่งสามารถที่จะแสดงหรือกำหนดรูปร่าง สี ได้ตามความนึกคิดของจิตรกรที่ต้องการ แต่ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นในลักษณะศิลปะอุตสาหกรรมจะทำตามความชอบ ความรู้สึคนึกคิดของนักออกแบบแต่เพียงผู้เดียวไม่ได้ จำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ผสมผสานรูปร่างและสีสันทให้เหมาะสม

ด้วยเหตุของความสำคัญของรูปร่างและสีที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ นักออกแบบจึงจำเป็นต้องศึกษาวิชา ทฤษฎีหรือหลักการออกแบบและวิชาทฤษฎีสี ซึ่งเป็นวิชาทางด้านของศิลปะแล้วนำมาประยุกต์ผสมผสานใช้กับศิลปะทางด้านอุตสาหกรรมให้เกิดความกลมกลืน

#### 6. ราคาพอสมควร

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาขายนั้นย่อมต้องมีข้อมูลด้านผู้บริโภคและการตลาดที่ได้ค้นคว้าและสำรวจแล้วผลิตภัณฑ์ย่อมจะต้องมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ว่าเป็นคนกลุ่มใด อาชีพฐานะเป็นอย่างไร มีความต้องการใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์นี้เพียงใด นักออกแบบก็จะเป็นผู้กำหนดและผลิตภัณฑ์ ประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่จะซื้อได้การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมกับผู้ซื้อนั้น ก็อยู่ที่การเลือกใช้ชนิดหรือเกรดของวัสดุ และเลือกวิธีการผลิตที่ง่ายรวดเร็ว เหมาะสม

อย่างไรก็ดี ถ้าประมาณการออกมาแล้ว ปรากฏว่า ราคาค่อนข้างจะสูงกว่าที่กำหนดไว้ ก็อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาองค์ประกอบด้านต่าง ๆ กันใหม่ แต่ก็ยังต้องคงไว้ซึ่งคุณค่าของผลิตภัณฑ์นั้น เรียกว่าเป็นวิธีการลดค่าใช้จ่าย

#### 7. การซ่อมแซมง่าย

หลักการนี้คงจะใช้กับผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่มีกลไกภายในซับซ้อน อะไหล่บางชิ้นย่อมต้องมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือการใช้งานในทางที่ผิด นักออกแบบย่อมที่จะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไกแต่ละชิ้น ตลอดจนชนิดวัสดุ เพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝากรอบบริเวณต่าง ๆ ได้สะดวก ในการถอดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่ได้ง่าย

#### 8. วัสดุและการผลิต

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ผลิตด้วยวัสดุสังเคราะห์ อาจมีกรรมวิธีการเลือกใช้วัสดุและวิธีผลิตได้หลายแบบ แต่แบบหรือวิธีใดถึงจะเหมาะสมที่สุด ที่จะไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ประมาณ ฉะนั้น นักออกแบบคงจะต้องศึกษาเรื่องวัสดุและวิธีผลิตให้ลึกซึ้ง โดยเฉพาะวัสดุจำพวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกในแต่ละชนิด จะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันออกไป เช่น มีความใส ทนความร้อน ผิวมันวาว ทนกรดต่าง ได้ดี ไม่ลื่น เป็นต้น ก็ต้องเลือกใช้คุณสมบัติดังกล่าวให้เหมาะสมกับ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ถึงมือถึงในยุคสมัยนี้ มีการบรรจงช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการใช้ วัสดุที่นำกลับมาหมุนเวียนมาใช้ใหม่ ก็ยังทำให้นักออกแบบย่อมต้องมึนบทบาทเพิ่มขึ้นอีกคือ เป็นผู้ช่วย พิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ ที่เรียกว่า “รีไซเคิล”

## 9. การขนส่ง

นักออกแบบต้องคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง การขนส่งสะดวกหรือไม่ ระยะใกล้หรือ ระยะไกลกินเนื้อที่ในการขนส่งมากน้อยเพียงใด การขนส่งทางบกทางน้ำหรือทางอากาศต้องทำการ บรรจุหีบห่ออย่างไร ถึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเสียหายชำรุด ขนาดของผู้คอนเทนเนอร์ บรรจุทุกสินค้าหรือเนื้อที่ที่ใช้ในการขนส่งมีขนาด กว้าง ยาว สูง เท่าไหร่ เป็นต้น หรือในกรณีที่ ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบมีขนาดใหญ่โตยวมาก เช่น เตียง หรือพัคลมแบบตั้งพื้น นักออกแบบก็ ควรที่จะคำนึงถึงเรื่องการขนส่ง ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบกันเลยทีเดียว คือ ออกแบบให้มีชิ้นส่วน สามารถถอดประกอบได้ง่าย สะดวก เพื่อให้หีบห่อมีขนาดเล็กที่สุด สามารถที่จะขนส่งได้ด้วย ตนเองนำกลับไปบ้านก็สามารถประกอบชิ้นส่วนให้เข้ารูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยสะดวกด้วยตนเอง

เรื่องหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้กล่าวมาทั้ง 9 ข้อนี้ เป็นหลักการที่นักออกแบบ ผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงเป็นหลักการทางสากลที่ได้กล่าวไว้ในขอบเขตอย่างกว้าง ครอบคลุม ผลิตภัณฑ์ไว้ทั่วทุกกลุ่มทุกประเภทในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดนั้น อาจจะไม่ต้องคำนึงหลักการ ดังกล่าวครบทุกข้อก็ได้ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์บางชนิดก็อาจจะต้อง คำนึงถึงหลักการดังกล่าวครบถ้วนทุกข้อ เช่น ออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้แขวนเสื้อ ก็คงจะเน้นหลักการ ด้านประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกในการใช้และความสวยงามเป็นหลัก คงจะไม่ต้องไปคำนึงถึง ด้านการซ่อมแซม เพราะไม่มีกลไกซับซ้อนอะไร หรือการขนส่ง เพราะขนาดจำกัดตามประโยชน์ ใช้สอยบังคับ เป็นต้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บางอย่าง เช่น ออกแบบผลิตภัณฑ์รถยนต์ ก็จะเป็นที่ นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ครบทั้ง 9 ข้อ เป็นต้น (ธีระชัย สุขสด. 2544 : 88 – 92)

## สิทธิ์การออกแบบ

### สิทธิพลของสิทธิในชีวิตประจำวัน

นักวิชาการทางทฤษฎีได้กล่าวถึงสมบัติของสิทธิ มีอิทธิพลเหนือชีวิตมนุษย์ทุกขณะ เรื่อง ของสิทธิจึงนับว่าเป็นปัญหาอันหนึ่งที่ช่วยให้ขบคิดถึงคำกล่าวนี้ว่าเป็นที่ประจักษ์จริงเพียงใด จาก สภาพสังคมปัจจุบันย่อมชี้ชัดให้เห็นความสัมพันธ์และอิทธิพลของสิทธิที่มีต่อชีวิตประจำวันของ มนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นทางธรรมชาติหรือข้าวของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันที่มีมนุษย์สัมผัสอยู่ทุกวัน ถ้าจะพิจารณาดูว่าจะมองไปในทางใดรอบ ๆ ตัวเรา โดยใช้ความสังเกตจะเห็นว่าวัตถุสิ่งเดียวกันก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจทำให้ความรู้สึกแตกต่างกันไป เมื่อสีของสิ่งนั้นเปลี่ยนไปจากเดิม และในทางตรงกันข้าม ในบรรดาสีต่าง ๆ ที่ปรากฏรอบ ๆ ตัวเรานั้น ถ้าไม่ได้พิจารณาเราก็จะเหมือนกับว่าสีเหล่านั้นไม่ได้อำนวยความสะดวกให้ตัวเราเลย ซึ่งที่แท้จริงแล้วประโยชน์ของสีที่อยู่รอบตัวเรานั้นมีอยู่มากมายโดยที่เราไม่รู้สีกตัวเลย

กล่าวได้ว่า เราพบสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรามีสีต่างกัน มากมาย ถ้าจะวิเคราะห์ศึกษาทำความเข้าใจ เพื่อให้รู้สึกรสในการประสานสี (Harmony) หรือการไม่เข้ากันของสี (Contrast) ต่าง ๆ เหล่านั้นจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักออกแบบสามารถนำสีมาใช้ประโยชน์ในตัวผลิตภัณฑ์ที่เข้าถึงจิตใจผู้ใช่มากขึ้น

อย่างไรก็ดี อิทธิพลของสีมีส่วนอย่างยิ่งกับจิตใจมวลมนุษย์ จะเห็นได้ว่า บุคคลจำนวนไม่น้อยที่ตกอยู่ในห้วงอิทธิพลของสีในธรรมชาติ ในยามเย็นหรือยามเช้า อันเป็นความงดงามอย่างพิเศษที่มนุษย์ไม่สามารถสร้างสรรค์ขึ้นมาเองได้ และบุคคลจำนวนไม่น้อยอีกเช่นกันที่ได้รับอิทธิพลของสีในธรรมชาติหรือชีวิตประจำวันช่วยผ่อนคลายความตึงเครียดจากการตรากตรำธุรกิจ การงาน นักออกแบบต้องอาศัยการศึกษาอิทธิพลของสีในส่วนที่มีอิทธิพล ดังกล่าวนี้นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ ก็จะเป็นส่วนที่ช่วยเสริมสร้างดีในชีวิตประจำวันทดแทนเสียจากธรรมชาติที่นับวันจะหาได้ยากขึ้นทุกที เป็นการช่วยให้ผู้ใช้มีจิตใจเบิกบานได้ตึงเครียด แม้ว่าการงานจะวุ่นวายเพียงใด เพราะสีนั้นย่อมก่อให้เกิดอิทธิพลในทางจิตใจมนุษย์ที่แตกต่างกันเช่น

1. ให้ความสงบสุขทางใจ
2. ให้ความเยือกเย็น อ่อนโยน
3. ให้ความสว่างาม หรรษา
4. ให้ความตื่นเต้น เร้าใจ

อิทธิพลที่มีจิตใจมนุษย์ ดังที่ยกตัวอย่างข้างต้นนี้ จะช่วยให้การดำเนินชีวิตของมนุษย์มีชีวิตชีวาไม่จืดชืด และไม่ตึงเครียด เป็นการปรับสมดุลในด้านจิตใจของมนุษย์ในชีวิตประจำวัน นักออกแบบจะทำการกำหนดใช้สีกับผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลตามจุดประสงค์ ย่อมต้องวิเคราะห์อิทธิพลของสีและศึกษาจิตวิทยาของสีที่มีต่อมนุษย์ เพราะสีเป็นสิ่งที่โน้มน้าวจิตใจมนุษย์ ทำให้เกิดความรู้สึกต่าง ๆ ได้ เช่น จากผลของการสำรวจของสถาบันจิตวิทยาแห่งหนึ่ง ทำการสำรวจจิตวิทยาของสีที่โรงเรียนอนุบาลแห่งหนึ่งในโรงเรียนนี้ ครูทุกคนจะแต่งกายชุดสีน้ำตาลเข้มเสมอ ปรากฏว่าบรรดาลูกศิษย์ทั้งหลายมีปฏิริยาไม่ค่อยนทนา และให้ความเป็นกันเองแก่ครูเท่าที่ควร ครูจึงเปลี่ยนการแต่งกายโดยใช้โทนสีสดใส บรรดาลูกศิษย์ก็เปลี่ยนไป ต่างให้ความสนิทสนมสนทนา ได้ตาม เป็นกันเองกับครูมากขึ้น เห็นได้ชัดว่า ความรู้สึกต่าง ๆ ได้เปลี่ยนไปตามอิทธิพลของสี โดยเฉพาะสีที่นำมาใช้สำหรับงานออกแบบ สามารถนำมาใช้ได้ตามความรู้สึกของมนุษย์ที่รู้สึกต่อสีนั้น ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีน้ำเงิน	ให้ความรู้สึกสงบเรียบ มีสมาธิ สบายตา หนักแน่น
สีเหลือง	ให้ความรู้สึกร่าเริง แจ่มใส ช่วยให้เกิดความคิด
สีแดง	ให้ความรู้สึกตื่นเต้น ดึงดูดความสนใจ ร้อนแรง
สีเขียว	ให้ความรู้สึกเป็นธรรมชาติ สดชื่น สบายตา มีความสุข
สีม่วง	ให้ความรู้สึกสงบเยียบ อำนาจ เกียรติยศ
สีขาว	ให้ความรู้สึกบริสุทธิ์ สะอาด เบา
สีเทา	ให้ความรู้สึกเป็นกลาง สงบนิ่ง เรียบร้อย
สีดำ	ให้ความรู้สึกมืด โศกเศร้า จริงจัง
สีน้ำตาล	ให้ความรู้สึกขบเซา แข็งแรง กลมกลืน
สีชมพู	ให้ความรู้สึกสดชื่น หอมหวาน น่ารัก นุ่มนวล
สีฟ้า	ให้ความรู้สึกเบา โปร่งใส สะอาด
สีส้ม	ให้ความรู้สึกตื่นเต้น ร้อนแรง อันตราย ระวัง

### จิตวิทยาของสี

นักออกแบบผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องเรียนรู้ทฤษฎีของสีเป็นอย่างดี จึงจะสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชั้นปฏิบัติได้อย่างดีและเหมาะสมกับงานนั้น ๆ เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า บรรดาสีทั้งหลายที่มีอยู่ในโลกนี้มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ตั้งแต่เกิดและจำความได้ สีมียุทธิพลต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก และได้มีนักวิชาการพยายามที่จะวิเคราะห์เรื่องของสีที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ ดังที่จะกล่าวรายละเอียดในตอนต่อไป

### ความหมายของสี

สี หมายถึง ลักษณะความเข้มของแสงสว่างที่ปรากฏต่อสายตา สีมียุทธิพลต่อจิตใจมนุษย์ สีแต่ละสีให้ความรู้สึกไม่เหมือนกัน ซึ่งบางครั้งทำให้เกิดความรู้สึกสงบ บางทีทำให้เกิดความรู้สึกตื่นเต้น ร้อนแรง ในการใช้สีมีอิทธิพลต่อจิตใจมนุษย์นั้นจำเป็นต้องใช้ให้เหมาะสมกับอิทธิพลของสีแต่ละสีตลอดเวลาและโอกาส วัฒนธรรมประเพณี สภาพดินฟ้าอากาศและความเป็นอยู่

สมัยนิยมเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญก่อให้เกิดรสนิยมในเรื่องสี ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปตามนิสัยหรือการศึกษา ตัวอย่างชาวชนบทย่อมจะชอบใช้สีสดใส เป็นผลสืบเนื่องมาจากอิทธิพลทางธรรมชาติ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันทางวัฒนธรรมประเพณี สภาพดินฟ้าอากาศหรืออื่น ๆ สียังให้ความรู้สึกที่ก่อให้เกิดพลังวังชา ส่วนสีจำพวกสีเย็นนั้นให้ความรู้สึกสงบเยือกเย็นและสบายใจ

### ประโยชน์ของสี

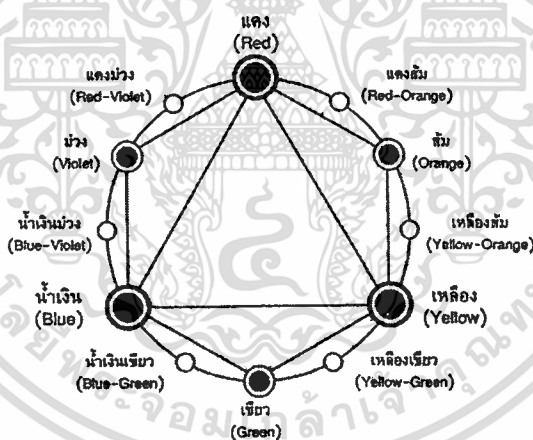
สีมีประโยชน์ในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยทำให้เกิดความสวยงามและป้องกันการกัดกร่อน นอกจากนี้แล้วสีทำให้เกิดความรู้สึกต่าง ๆ เช่น ขนาดของผลิตภัณฑ์ ทำให้ดูใหญ่ขึ้น เอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเล็กน้อย นำหน้าทำให้รู้สึกว่ามีน้ำหนักขึ้นหรือเบาลง ความแข็งแรงทำให้เกิดความรู้สึกว่าแข็งแรงมากหรือแข็งแรงน้อย อุณหภูมิทำให้รู้สึกว่าร้อนหรือเย็น ความสะอาดทำให้เกิดความรู้สึกว่าสะอาด น่าใช้ ความสว่างของผลิตภัณฑ์เพื่อดึงดูดความสนใจแก่ลูกค้า เป็นต้น สียังใช้ประโยชน์ในการผลิตสิ่งต่าง ๆ ได้อีกมากมาย เช่น ผลิตแผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ ภาพโฆษณา การประดิษฐ์อักษร การวาดภาพ เป็นต้น เพื่อเป็นสื่อความหมายและจิตวิทยา

### ทฤษฎีสี

นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ ไอแซก นิวตัน ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องแสง และพบว่าสีของแสงมีทั้งหมด 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง จากนั้นได้ทำการทดลองต่อไป โดยนำสีทั้ง 7 สีมาระบายแบ่งส่วนเท่า ๆ กัน ในรูปวงกลมแล้วก็จะเกิดเป็นสีขาว จากการค้นพบทำให้เราทราบว่า สี คือ ลักษณะความเข้มของคลื่นแสงต่าง ๆ กัน และสีที่เห็นนั้นมีความยาวคลื่นต่างกันด้วย และในปัจจุบันทฤษฎีของสีมีการศึกษาเพิ่มเติม ทำให้เกิดทฤษฎีสีเพิ่มขึ้นตามความเห็นของบุคคลแต่ละกลุ่ม ดังนี้

1. ทฤษฎีสีของนักเคมีได้กำหนดแม่สีไว้ 3 สีด้วยกัน คือ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน เมื่อนำสีมาผสมกันจะเกิดสีต่าง ๆ หลายสี ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงสีที่เกิดจากการนำแม่สีมาผสมกัน

2. ทฤษฎีสีของนักจิตวิทยา นักจิตวิทยาเป็นผู้ที่สนใจที่เกี่ยวเนื่องกับพฤติกรรมและความเป็นอยู่ของมนุษย์ ได้กำหนดแม่สีไว้ 4 สีด้วยกัน คือ สีแดง สีเหลือง สีเขียว และสีน้ำเงิน

3. ทฤษฎีสีของนักฟิสิกส์สนใจสีในแง่ของความเข้มของแสง ได้กำหนดสีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มของแสงไว้ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อนำสีทั้งสามมาผสมกันจะได้สีฟ้า สีบานเย็น และสีขาว

4. ทฤษฎีสีของศิลปินหรือทฤษฎีสีของมันเชล (Munsell) มันเชลเป็นศิลปินและเขียนภาพได้กำหนดแม่สีไว้ 5 สี คือ สีแดง สีน้ำเงิน สีเหลือง สีเขียว และสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้มันเซล (Munsell) ได้แบ่งสีออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. สีแท้ (HUE) ได้แก่ สีที่ส่งความเข้มของแสงมาสู่ตาเราจำนวนหนึ่ง ได้แก่ สีทุกสีที่ไม่ได้ผสมกับสีอื่น

2. สีผสมขาว (TINT) ได้แก่ สีที่ผสมกับสีขาว เพื่อลดความเข้ม และทำให้น้ำหนักอ่อนลง

3. สีผสมดำ (SHADE) ได้แก่ สีที่ผสมกับสีดำ เพื่อลดความเข้ม และเพิ่มน้ำหนักให้แก่ขึ้น

4. สีผสมเทา (TONE) ได้แก่ สีที่ผสมสีดำ และสีขาวเท่ากัน

5. ความเข้มของสี (VALUE) ได้แก่ สีอ่อนสีแก่ เช่น สีน้ำเงินเข้ม สีฟ้าอ่อน

6. ความแรงของสี (CHROMA) เช่น สีแดงสด มีความแข็งแรงสูง

7. สีตรงกันข้าม (COMPLEMENTARY) เช่น สีแดงกับสีน้ำเงิน – เขียว

8. สีร้อนสีเย็น (WARM AND COOL COLORS)

### การผสมสี

แม่สีมี 3 สี คือ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน แม่สีนับว่าเป็นสีปฐมภูมิ และไม่สามารถนำเอาสีอื่น ๆ มาผสมให้เกิดเป็นแม่สีทั้งสามนี้ได้ ถ้าเรานำแม่สีมาผสมกันจะได้ดังนี้

แดง + เหลือง = ส้ม

แดง + น้ำเงิน = ม่วง

เหลือง + น้ำเงิน = เขียว

เหลือง + น้ำเงิน + แดง = สีกลาง

แม่สีของแสงมี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อนำสีทั้งสามมาผสมกันจะได้ดังนี้

แดง + เขียว = เหลือง

แดง + น้ำเงิน = บานเย็น

น้ำเงิน + เขียว = ฟ้า

น้ำเงิน + เขียว + แดง = ขาว

จากวงล้อสีของทฤษฎีมันเซลจะสังเกตเห็นลักษณะของสีได้ดังนี้

1. สีใกล้เคียงกลมกลืนกัน สีใกล้เคียงตัดกัน

2. สีอ่อน ได้แก่ สีเหลือง แดง ส้ม ส้มเหลือง ส้มแดง และม่วงแดง

3. สีเย็น ได้แก่ สีน้ำเงิน เขียว ม่วง ม่วงน้ำเงิน เขียวน้ำเงิน และเขียวเหลือง

นอกจากการผสมสีตามที่กล่าวมาแล้วนั้น เรายังสามารถผสมสีให้ได้สีอื่น ๆ อีกนับไม่ถ้วน โดยการนำสีเหล่านั้นไปผสมกับสีอื่น ๆ และนำไปผสมกับสีขาวหรือดำ เพื่อให้ได้ความเข้มเปลี่ยนไปจะทำให้ได้สีต่าง ๆ เพิ่มขึ้น (สาคร คันธโชติ. 2528 : 50 – 52)

## เทคนิคการใช้สี (Color Technique)

สี นอกจากมีอิทธิพลทำให้เกิดความรู้สึกที่แตกต่างกันไปดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว สียังช่วยในด้านความสวยงาม มีเอกลักษณ์ ป้องกันการกัดกร่อน การใช้สีในผลิตภัณฑ์ มีวิธีการและเทคนิคในการปฏิบัติดังนี้

1. การทาหรือระบาย ใช้กับสีน้ำ สีน้ำมัน สีพลาสติก สีฝุ่น สีเทียน สีชอล์ก สีหมึก เป็นต้น
2. การพ่น ใช้กับสีน้ำมัน สีพลาสติก น้ำยาเคลือบต่าง ๆ
3. การจุ่ม ใช้กับสีน้ำมัน สีพลาสติก เป็นต้น
4. การตีปะ มีลักษณะเป็นแผ่นเทพ มีการเคลือบผิวอยู่ ใช้ตีปะชิ้นงาน
5. การขีดเขียน ใช้กับสีเมจิก สีเคมี สีหมึก สีชอล์ก ถ่าน เป็นต้น
6. การผสมลงในขณะที่เป็นวัตถุดิบ เช่น เม็ดพลาสติก ซึ่งเป็นกระบวนการทางระบบ

### อุตสาหกรรม

7. การยัดเกาะผิว เช่น การชุบ โครเมียม ชุบเงิน ชุบทอง เป็นต้น

นอกจากนี้ลักษณะของสีที่ใช้ในทางผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซึ่งลักษณะของงานเป็นงาน 3 มิติ เช่น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ยังจะต้องศึกษาชนิดและเทคนิค ซึ่งจะมีอิทธิพลกับส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. สีกับรูปทรง (Color & Form)
2. สีกับพื้นผิว (Color & Texture)
3. สีกับวัสดุ (Color & Materials)
4. เครื่องมือในการทดสอบสี (Mechanical Aids)
5. การกำหนดสี (Color Specification)
6. เครื่องมือตรวจสี

### 1. สีกับรูปทรง

ความรู้สึกในการมองดูสีจะเปลี่ยนไป ตามรูปทรงต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกัน ถึงแม้จะมีปริมาณพื้นที่เท่ากันก็ตาม เช่น ทรงลูกบาศก์ ทรงกลมและแท่งกลม ทรงกระบอก นำทั้ง 3 รูปทรงนี้ไปทาสีแดงสดเหมือนกัน แล้วนำไปวางเรียงกัน โดยมีฉากหลังเหมือนกัน มีแสงสว่างเข้าไปทิศทางเดียวกัน จะสังเกตได้ว่า รูปทรงกลมและแท่งกลม จะมองดูมีสีเข้มกว่าทรงลูกบาศก์ เนื่องจากลูกบาศก์มีผิวแบน การรับแสงสะท้อนแสงทำให้ได้น้อยกว่าทรงกลม จึงทำให้ดูสีอ่อนกว่าทรงกลม ซึ่งมีเงาแสง ส่วนทรงกระบอกจะมีเงาเป็นรูปหึ่งตลอดความยาว แล้วค่อย ๆ อ้อมไปข้างหลัง

ที่กล่าวมานี้เกิดจากผลของความตัดกัน (Contrast) ระหว่างแสงสะท้อนตัดกับส่วนที่เข้ม ถ้าใช้สีที่มีความมันวาวจะทำให้ส่วนที่เข้มชัด และส่วน โคน้ของรูปทรงเด่นชัดขึ้นกว่าปกติ

## 2. สีกับพื้นผิว

ใช้การทดลองในลักษณะเดียวกันกับการทดลองเรื่องสีกับรูปทรง โดยใช้รูปทรงเดิม 3 รูป ใช้สีแดงสดเหมือนเดิม แต่เพิ่มเติมด้วยให้มีการเซาะร่องบนผิวของรูปทรงทั้ง 3 ให้เกิดพื้นผิวขรุขระ ไม่เรียบนำไปวางเรียงกัน จะเห็นว่าทั้ง 3 รูปอันใหม่นี้จะมีสีที่อ่อนกว่า 3 รูปทรงเดิมที่ไม่มีการเซาะร่อง เพราะว่าการทำผิวบนวัตถุจะทำให้เกิดแสงสะท้อนมากขึ้น ทำให้สีมีค่า (Value) อ่อนลง เมื่อเทียบกับรูปทรงกลุ่มแรก สิ่งนี้เกิดจากการทดลองนี้สามารถนำมาสรุปใช้กับการกำหนดสีผลิตภัณฑ์ได้คือ

- ผลิตภัณฑ์ที่มีผิวหยาบหรือรู หากไม่ต้องการให้เห็นง่าย ให้ใช้สีด้าน
- ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกล หรือส่วนที่เคลื่อนไหว ไม่ควรใช้สีมัน เพราะอาจเกิดอันตรายจาก

ผลของการสะท้อนแสง ไปยังสายตาของผู้ที่ทำงาน

## 3. สีกับวัสดุ

เป็นการศึกษาเรื่องราวของสีกับวัสดุทางอุตสาหกรรมที่เป็นวัสดุหลัก ๆ ที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น สีในพลาสติก ขาง ผ้า โลหะ ไม้ และแก้ว เป็นต้น ซึ่งลักษณะของการใช้สีดังกล่าว มีทั้งในกระบวนการผลิตวัตถุดิบและการตกแต่งชิ้นสุดท้าย (Finish) สีดังกล่าว เช่น

1. สีปิ๊กเมนต์ (Pigments Colors)
2. สีงานโลหะ
3. สีงานไม้
4. สีงานแก้ว

## 4. สีปิ๊กเมนต์

สีปิ๊กเมนต์ (Pigments) เกิดจากโครงสร้างทางเคมีซึ่งเริ่มต้นจากเกลือของกรดที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงของสีแคตไอออนหรือเกลือโลหะของสีแอนไอออน เป็นต้น

เป็นสีที่มีสมบัติคงทนต่อแสง น้ำ มัน กรดและอ่าง จึงมักนิยมทำสีให้กับวัสดุทางอุตสาหกรรมหลายประเภท ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นขั้นตอนในการผลิตวัตถุดิบในโรงงาน เช่น โรงงานผลิตเม็ดพลาสติก เนื่องจากปัจจุบันพลาสติกได้เข้ามามีบทบาทมากในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และสามารถให้สีสันได้อย่างกว้างขวางและสวยงาม สีปิ๊กเมนต์นี้สามารถแบ่งประเภทได้ 4 ประเภท คือ สีละลาย (Soluble Pigments)

1. สีละลาย หมายถึง สารอินทรีย์เคมีที่มีในธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้นละลายได้ในสารละลายธรรมดาทั่วไป เช่น น้ำ น้ำมัน แอลกอฮอล์ การเกิดสีของสีละลายในพลาสติกเกิดของสีสูงมาก และมีความถ่วงจำเพาะต่ำ สีละลายส่วนมากไม่ค่อยมีความทนทานต่อแสง ความร้อน และสารเคมี ตัวอย่างสีละลาย ได้แก่ สีเอโซให้สีเหลือง ส้ม น้ำตาล แดง ดำ สีนิโกรซินให้สีดำ โดย

สีละลายไม่เหมาะที่จะใช้กับพลาสติกโพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีน และโพลีไวนิลคลอไรด์ เพราะสีละลายจะสลายและซึมผ่านออกจากเนื้อพลาสติกได้

2. สีอินทรีย์ หมายถึง สารอินทรีย์เคมีที่ไม่ละลายง่าย ๆ ในตัวทำละลายทั้งหลาย การเกิดสีเกิดจากเม็ดสีเล็ก ๆ แขนงลอยในเนื้อพลาสติก สีจะมีลักษณะสดสวยเป็นเงาดี มีความทนทานต่อการเคลื่อนหลุดของสีจากพลาสติกดีกว่าสีละลาย สามารถให้สีที่โปร่งแสง ตัวอย่างสีอินทรีย์ที่นิยมใช้ คือ แบเรียมลิทอลให้สีแดง เบนซิตินแบลโลว์ให้สีเหลือง

3. สีอนินทรีย์ หมายถึง สารที่เกิดจากสารประกอบพวกออกไซด์และซัลไฟด์ของโลหะ อาจได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมาจากธรรมชาติ สีอนินทรีย์นี้ไม่ละลายในตัวทำละลาย ไม่ละลายในเนื้อพลาสติก มีความทึบแสง ทนต่อการเคลื่อนหลุดของสีจากเนื้อพลาสติก ทนต่อสารเคมี และความร้อนได้ดี ตัวอย่าง เช่น สีขาว คือ Titanium Dioxide ในปริมาณ 0.01 – 1% สีน้ำเงินและสีเขียว เป็นสีอัลตรามารีน สีเหลือง แดง น้ำตาลเป็นสีของ Cadmium Sulphides หรือ Cadmium Sulphoselenides ในปริมาณ 1% สีดำของ Carbon Black ในปริมาณ 0.2 – 2% สีเหลือง เหลืองอมเขียว และสีส้ม ได้จากสารประกอบของตะกั่ว สีที่เป็นสารประกอบของตะกั่ว สีที่เป็นสารประกอบของตะกั่ว และ Cadmium ไม่ควรนำมาใช้ร่วมในการผลิตภาชนะบรรจุอาหาร

4. สีพิเศษ หมายถึง สีที่ออกเป็นสีโลหะวาว ทำจากผงละเอียดหรือเกล็ดเล็ก ๆ ของโลหะหรือโลหะผสม โลหะที่นิยมใช้ คือ อะลูมิเนียม ทองแดง บรอนซ์ นอกจากนี้มีสีประกายมุก เป็นสีที่ให้สีวาวเหลือบ ๆ คล้ายสีไข่มุก ได้จากบิสมีท และสารประกอบของตะกั่ว

สีปีกเม้นท์นั้นนอกจากจะใช้มากในงานผลิตเม็ดพลาสติกแล้วยังจะใช้กับวัสดุอื่น ๆ อีก เช่น ยาง และสิ่งทอ (ภักดี โปธิศิริ และทรงพล รัตนพันธ์. 2526 : 45)

## 5. สีงานโลหะ

1. สีชุบโลหะ ในโลหะแต่ละชนิดจะมีสีเฉพาะในตัวของมันเองอยู่แล้ว แต่สีของโลหะบางชนิดไม่มีความสวยงาม บางชนิดมีความสวยงาม โลหะบางชนิดแข็งแรง ไม่ผุกร่อน บางชนิดผุกร่อน ไม่แข็งแรง คุณสมบัติที่แตกต่างกันของโลหะนี้ จึงได้มีการนำโลหะบางชนิดที่ดี คุณสมบัติทนทานการสึกกร่อน มีความแข็งแรง มีผิวสวยงามมันวาว มาช่วยเสริมโลหะด้วยกัน ให้มีคุณสมบัติตามต้องการ โลหะที่ช่วยในการชุบผิวในกระบวนการตกแต่งผลิตภัณฑ์ขั้นสำเร็จ (Finish) ที่นิยมก็เช่น

- ดีบุก ใช้เคลือบเหล็กแผ่นสำหรับทำกระป๋องป้องกันการกัดกร่อน
- นิกเกิล ใช้เคลือบผิวโลหะป้องกันสนิมและช่วยให้ผิวสวยงาม
- โครเมียม ใช้เคลือบโลหะป้องกันสนิมทนทานการสึกหรอ ทนความแข็งแรงสูง ให้สีมันวาว
- แมงกานีส ใช้เป็นสารประกอบในเนื้อสีต่าง ๆ ช่วยทำให้สีแห้งเร็ว
- แคดเมียม ใช้ชุบผิวเหล็กและอลูมิเนียมเป็นลักษณะชุบผิวด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเคลือบโลหะด้วยผงพลาสติก เป็นลักษณะของการใช้พลาสติกต่าง ๆ เคลือบผิวโลหะ โดยมีจุดประสงค์เพื่อ

- ป้องกันการผุกร่อน
- ทนการสึกกร่อนและเสียดทาน
- เป็นฉนวนไฟฟ้า
- ความสวยงาม

เป็นขั้นตอนในการเคลือบในกระบวนการตกแต่งขั้นสุดท้าย (Finish) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์จากเหล็กกล้า เช่น ตะกร้า ไม้แขวนเสื้อ หรือผลิตภัณฑ์อื่น เช่น หูจับ ด้ามจับ ผลิตภัณฑ์สำนักงานบางอย่าง เป็นต้น

หลักการในการเคลือบมีอยู่ 3 แบบคือ

- ก. เคลือบในห้องเคลือบ
- ข. เคลือบโดยไฟฟ้าสถิต
- ค. เคลือบโดยการพ่นเปลวไฟ

พลาสติกที่เหมาะสมสำหรับใช้เคลือบนี้เป็นพลาสติกสภาพเป็นผง ใช้ได้ทั้งประเภท Thermosetting และ Thermoplastic เช่น Epoxy Unsaturated Polyester Polyethylene Polyvinylchloride polyamide

## 5. สีงานไม้

สีงานไม้นี้กระทำในกระบวนการตกแต่งขั้นสุดท้าย (Finish) ของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้วิธีการแบบปกติ การทา.พ่น จุ่ม สีต่าง ๆ ดังตัวอย่าง เช่น

1. สีรักษาเนื้อไม้ เป็นสีทาป้องกัน ยางไม้หรือเรียกเสี้ยนไม้ เช่น เซลแล็ก
2. สีเคลือบเงา เป็นสีที่มีความโปร่งแสงและโปร่งใส มีทั้งชนิดมันและด้าน ให้

สมบัติในการรักษาสีของไม้เอาไว้ให้คงรูปเหมือนเดิม เช่น พวกน้ำมันวานิช แล็กเกอร์ หรือสารสังเคราะห์พวกยูเรเทน เป็นต้น

3. สีข้อม เป็นการข้อมสีเนื้อไม้ให้เป็นสีต่าง ๆ เช่น ขาว แดง ส้ม เหลือง เทา สีวอลนัท และสีโอ๊ค เป็นต้น มีทั้งชนิดสีธรรมดาและสีเสี้ยน มีทั้งชนิดสำเร็จรูปหรือสีที่ต้องใช้การเตรียมของช่างทำสี ซึ่งเริ่มจากสีฝุ่น สีฝุ่นจีน เป็นต้น

4. สีงานแก้ว สีของแก้วนั้นกระทำได้ทั้งขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบและขั้นตอนการตกแต่งขั้นสุดท้าย (Finish) ดังนี้

(1) การทำสีขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ คือ การเติมสารต่าง ๆ ที่มีสมบัติทำให้เกิดสีตามต้องการไปในขั้นของการหลอมวัตถุดิบ สารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสี เช่น

- สีฟ้า            เติมโคบอลต์ออกไซด์หรือคอปเปอร์ออกไซด์
- สีชา            เติมคาร์บอนและกำมะถันหรือเหล็กและแมงกานีส
- สีเขียว        เติมเหล็กแมงกานีสหรือโครมิกออกไซด์
- สีเขียวอ่อน    เติมโครมิกออกไซด์หรือวัตถุคิบนั้นมีเหล็กออกไซด์สูงถึง 0.15% อยู่แล้ว
- สีทับทิม       เติมซิติเนียมและแคดเมียมซัลไฟด์
- สีโอปอล       เติมฟลูออไรด์และอะลูมินา

(2) การทำสีขั้นตอนการตกแต่งส่วนใหญ่จะเป็นการทำสีของขวดแก้ว ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ

- วิธี KALEIDOCOAT เป็นการใช้ไฟฟ้าสาดและสารเกาะยึดกับชิ้นงาน แล้วใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด ทำให้สีหลอมติดผิวชิ้นงาน
- วิธี POLYMER เป็นการใช้สีเคลือบชิ้นงานถึง 2 ชั้น โดยชั้นแรกเคลือบสารตั้งเคราะห์ป้องกันการแตกกระจาย ชั้นที่สองเคลือบโพลียูเรเทน ป้องกันการเสียดสี ทนต่อกรดและด่างได้ดี

(3) เครื่องมือในการทดสอบสี

สีมีอยู่มากมายหลากหลายบางครั้งค่าน้ำหนักของสีนั้นใกล้เคียงกัน นักออกแบบอาจจะกำหนดสีผิดพลาดได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการช่วยเลือกสี เช่น ตัวอย่างสี เครื่องมือเทียบสี ซึ่งมีกล่องส่องสีเพื่อเปรียบเทียบสีได้อย่างถูกต้อง ซึ่งบางครั้งสายตาไม่สามารถเห็นความละเอียดนี้ได้ นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือแยกส่วนผสมของสี (Spectrographs หรือ Spectrophotometers) สามารถแยกสีต่าง ๆ ที่ผสม ซึ่งสายตาไม่อาจแยกได้ เพื่อให้ได้มาซึ่งสีที่ตรงกับความต้องการ

(4) การกำหนดสี

การกำหนดสีของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามแบบ อาจจะต้องพ่นสีนั้นบนแผ่นสีเหลี่ยมเล็ก ๆ เป็นตัวอย่าง หรืออาจใช้วัสดุที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์จริง ๆ มาทำการพ่นหรือทาสีบนวัสดุนั้น ซึ่งบางครั้งอาจต้องควบคุมการใช้สีหรือการผสมสีครั้งแรกอย่างใกล้ชิด

(5) เครื่องมือตรวจสี

มีชื่อว่า Color Checker 545 เป็นเครื่องมือตรวจสีมาตรฐานในผลิตภัณฑ์ มีหลักการทำงานด้วยการเก็บข้อมูลสีมาตรฐานนับร้อย ๆ สีในสมองกลของเครื่องมือ เครื่องจะทำการตรวจสอบเปรียบเทียบสีมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ โดยอัตโนมัติและทราบผลทันที

## สรุป

หลักทฤษฎีการออกแบบที่ได้กล่าวมานี้เป็นเพียงเนื้อหาในลักษณะของหัวข้อสรุปอย่างสังเขป เพราะผู้ที่ศึกษาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ย่อมที่จะต้องมีการศึกษาวิชาทฤษฎีออกแบบและวิชาทางด้านศิลปะต่าง ๆ มาเป็นพื้นฐานอย่างเพียงพอที่จะสามารถนำทฤษฎีไปประสานใช้กับงานปฏิบัติให้สัมฤทธิ์ผลได้ อีกทั้งวิชาทฤษฎีออกแบบนี้ ถือเป็นวิชาเฉพาะที่มีรายละเอียดมาก ปัจจุบันมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือตำราออกมามากมายหลายเล่ม ซึ่งสามารถที่ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเสริมความรู้ได้ (ธีระชัย สุขสุด. 2544 : 57 – 67)

## 2.6 หลักการออกแบบเครื่องจักรกล

การออกแบบเครื่องจักรกลหมายถึง การออกแบบสิ่งต่างๆ ระบบต่างๆ ของเครื่องจักรกล ผลิตภัณฑ์ โครงสร้าง อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ สำหรับการออกแบบส่วนใหญ่แล้วจะใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์วัสดุ (Materials Sciences) และวิทยาศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องกล (Engineering mechanics sciences)

การออกแบบเครื่องจักรกลผู้ออกแบบจะต้องรู้ จะต้องเข้าใจเกี่ยวกับการจัด จำแนกชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (Machine element) ต่างๆ ตั้งแต่การคำนวณจากข้อมูลที่ทราบ เช่น งานที่ทำได้ กำลังงานที่ใช้ แล้วคำนวณหาแรงในแต่ละส่วน ตามลำดับหน้าที่การทำงานของเครื่อง โดยใช้หลักการของกลศาสตร์ แล้วทำการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถทำงานได้ ตามหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วน โดยไม่พังหรือมีความเสียหาย

เราจำเป็นต้องใช้หลักการของความแข็งแรงของวัสดุนำมาเพื่อช่วยแก้ปัญหา ทางวิศวกรรม โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ขนาดของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมีความถูกต้องและเหมาะสม ในวิธีการออกแบบนั้นผู้ออกแบบจะต้องทำการวิเคราะห์ความเค้น (Stress) เพื่อที่จะช่วยในการตัดสินใจที่จะให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรกลนั้นสามารถที่จะรับแรงเค้นสูงสุด (maximum stress) ของชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลแต่ละชนิดได้ (อนันต์ วงศ์กระจ่าง. 2528 : 2)

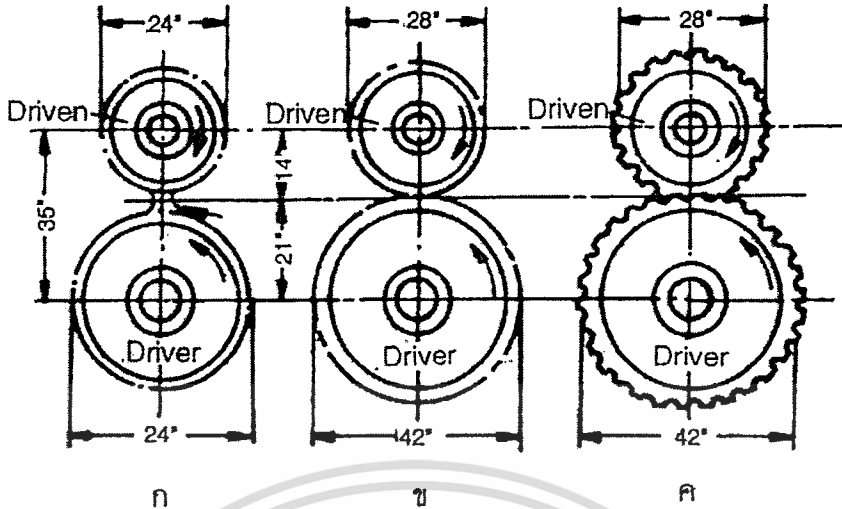
### 2.6.1 ระบบส่งกำลัง

ปัญหาพื้นฐานปัญหาหนึ่งของโครงสร้างเครื่องจักรกลก็คือ การเคลื่อนไหวในการส่งกำลังขับเคลื่อนจากเพลานึง ไปยังเพลานึงให้มีอัตราความเร็วคงที่ การแก้ปัญหาประการหนึ่งก็คือ การพัฒนาของฟันเฟือง การพัฒนานี้สามารถจะทำความเข้าใจได้ โดยเปรียบเทียบกับ การส่งกำลังของสายพานของพูลเลย์ (Pulley) และดίσเสียดทาน (Friction Discs) โดยสมมติว่าต้องการส่งกำลังระหว่างเพลาสองเพล โดยเพลานึงทำหน้าที่เป็นเพลาชับส่งกำลังไปยังอีกเพลานึงให้มีทิศทางตรงกันข้าม โดยจำกัดอัตราความเร็ว และให้มีปฏิริยาการขับที่ราบเรียบ กำหนดระยะห่างระหว่างเพลานึง 35 นิ้ว เพลาชับหมุนด้วยความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที หรือความเร็วเป็น  $1 \frac{1}{2}$  เท่าของเพลาชับ

มีวิธีการ 3 วิธีที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้คือ

1. โดยใช้มูว์และสายพานไขว้
2. โดยการใช้ดίσเสียดทาน
3. โดยใช้เฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 วิธีส่งกำลังขับ 3 วิธี

### การใช้มูว์และสายพานไขว้

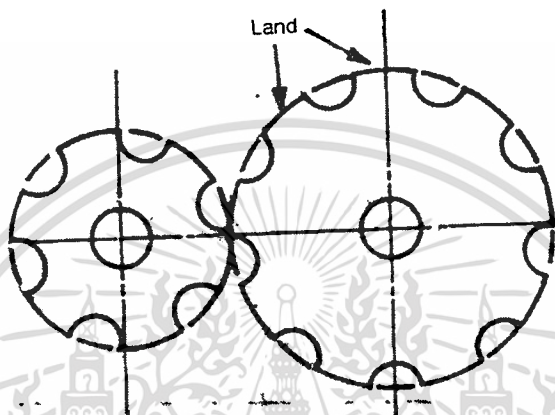
การใช้มูว์และสายพานไขว้ มูว์จะขับจะต้องมีขนาดโตกว่ามูว์ตัวตาม  $1 \frac{1}{2}$  เท่า ตามอัตราความเร็วที่กำหนด ซึ่งผลรวมทางขนาดของมูว์ทั้งสองตัวจะต้องอยู่ในอัตราส่วน 3:2 (เช่น 36 นิ้ว และ 24 นิ้ว) หรือ 30 นิ้ว และ 20 นิ้ว และต้องมีช่องว่างเพียงพอระหว่างล้อมูว์ สำหรับสายพานไขว้จากข้อกำหนดจะช่วยแก้ปัญหาได้เมื่อนำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถูกต้อง และไม่เกิดการลื่นไถลของสายพานขณะใช้งาน

### การใช้ล้อเสียดทาน

วิธีที่ 2 ใช้ล้อเสียดทานสองตัว ส่งกำลังขับโดยอาศัยแรงเสียดทาน ล้อเสียดทานตัวขับจะต้องมีขนาดโตกว่าตัวตาม  $1 \frac{1}{2}$  เท่า ซึ่งจะให้อัตราเร็วและทิศทางการหมุนตามกำหนด ผลรวมของรัศมีของล้อทั้งสองจะต้องเท่ากับระยะห่างระหว่างเพลา คือ 35 นิ้ว ดังนั้นเมื่อล้อทั้งสองถูกกดเข้าหากัน เพลาทั้งสองจะต้องมีระยะห่างที่ต้องการด้วย ถ้าผลรวมของรัศมีเท่ากับ 35 นิ้ว และมีอัตราส่วนเป็น 3 : 2 รัศมีของล้อตัวใหญ่เท่ากับ  $\frac{35 \times 3}{5} = 21$  นิ้ว และรัศมีของล้อตัวตาม  $\frac{35 \times 2}{5} = 14$  นิ้ว ดังนั้นล้อเสียดทานทั้งสองจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโต 42 นิ้ว และ 28 นิ้ว ซึ่งถ้าล้อทั้งสองมีขนาดที่แตกต่างกันไปกว่านี้จะทำให้อัตราทดเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตาม ล้อเสียดทานไม่สามารถป้องกันการลื่นไถล (Slip) ภายใต้การรับ Load ได้ จึงไม่อาจจะมั่นใจได้ว่าการส่งกำลังขับจะอยู่ในรูปแบบที่มีอัตราความเร็วคงที่

## การใช้เฟือง

วิธีที่ 3 เป็นการพัฒนามาจากวิธีที่ 2 โดยการสร้างรูปแบบฟันเฟืองขึ้นที่ผิวของล้อเสียดทานรูปแบบง่าย ๆ ของฟันเฟืองก็คือ ตักร่องบนล้อเสียดทานทั้งสองตัว ซึ่งฟันของล้อหนึ่งสามารถที่จะขบเข้ากับร่องฟันของล้ออีกตัวหนึ่งได้ ในกรณีนี้จำเป็นที่เพลาทังสองจะหมุนส่งกำลังใกล้เคียงกันมาก ๆ เพื่อให้ฟันขบกันได้ อย่างไรก็ตามการส่งกำลังด้วยวิธีการนี้จะกำจัดการสั่นไหว ขณะส่งกำลังขบได้ และยังทำให้อัตราความเร็วอยู่ในพิสัยที่คงที่อีกด้วย



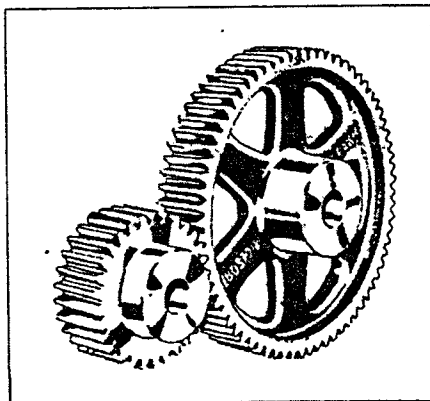
ภาพที่ 2.6 แสดงการส่งกำลังขบของล้อฟัน 2 ตัว

จากรูปแบบของฟันตามความคิดนี้ได้ถูกนำมาดัดแปลงให้มีรูปร่างของฟันที่มีความโค้งที่ถูกต้อง และให้ประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น รวมทั้งมีลักษณะการส่งกำลังที่ราบเรียบอีกด้วย

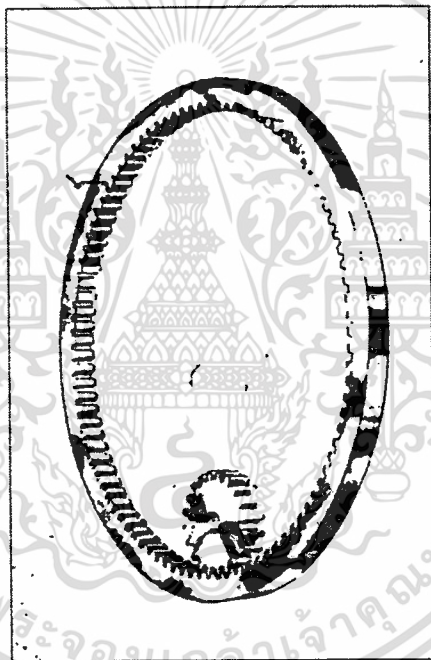
### ชนิดของเฟือง

เฟืองตรง (Spur Gear) เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังขบระหว่างเพลาสองเพลลาที่ขนานกัน ฟันของเฟืองชนิดนี้มีลักษณะตรงและขนานกับเพลลาของตัวเอง เมื่อเฟืองสองตัวมีขนาดแตกต่างกันขบกันเฟืองตัวใหญ่เรียกว่า เกียร์ (Gear) เฟืองตัวเล็กเรียกว่า Pinion เฟืองตรงจะใช้ส่งกำลังขบสำหรับงานที่ต้องการความเร็วขบไม่มากนัก

เฟืองภายใน (Internal Gear) เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังขบ ระหว่างเพลลาที่ขนานกัน เช่นกัน แต่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางอยู่ใกล้กันมากจนไม่อาจจะใช้เฟืองตรงหรือเฟืองเฉียงได้ เฟืองชนิดนี้มักใช้กับงานที่ต้องการพื้นที่น้อยสำหรับลดความเร็วรอบ เฟืองภายในใช้กับงานประเภท Heavy Duty Tractor ซึ่งต้องการแรงบิด (Torque) สูง



ภาพที่ 2.7 เฟืองตรง



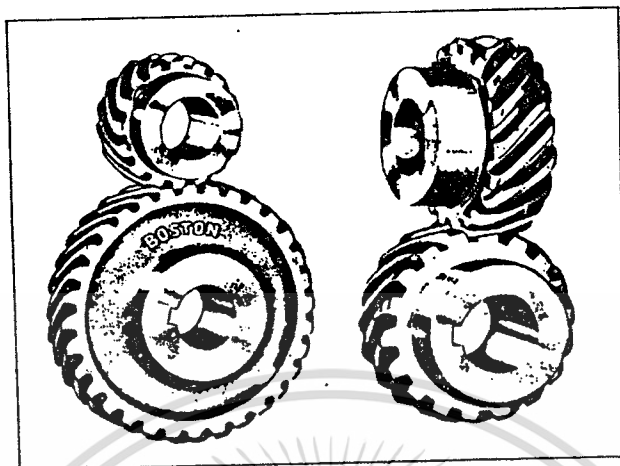
ภาพที่ 2.8 เฟืองภายใน

เฟืองเฉียง (Helical Gear) ใช้สำหรับการส่งกำลังขับเคลื่อนระหว่างเพลาที่ขนานกันหรือเพลาทำมุมต่อกัน เฟืองเฉียงมีลักษณะการขับที่เรียบ และมีเสียงเงียบกว่าเฟืองตรงในขณะที่มีขนาดและระยะพิตเท่ากัน อย่างไรก็ตามเมื่อเฟืองชนิดนี้หมุน จะทำให้เกิดแรงรูนที่ปลายเพลา (End Thrust) จึงจำเป็นต้องใช้แบริ่งรองรับเพลาเพื่อแก้ปัญหา

เฟืองก้างปลา (Herringbone Gear) เฟืองชนิดนี้เปรียบเสมือนกับนำเฟืองเฉียง 2 ตัว มาประกบกัน ซึ่งข้างหนึ่งจะมีฟันบิดในทิศทางบิดขวาและอีกข้างหนึ่งจะมีทิศทางบิดซ้าย เฟืองชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะให้ปฏิกิริยาการส่งกำลังที่เรียกว่าเฟืองเฉียง และยังจำกัดอาการรุนที่ปลายเพลลาให้หมดไปด้วย ดังนั้นเฟืองชนิดนี้จึงไม่จำเป็นต้องใช้แบร์ริง ช่วงรองรับเพลลาในการส่งกำลัง



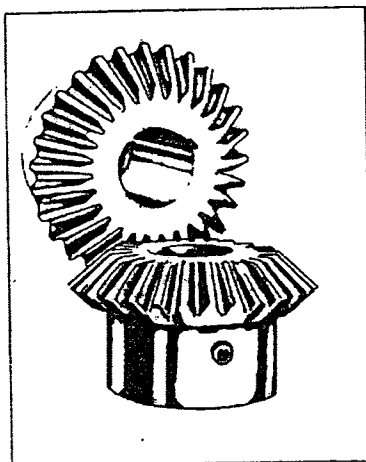
ภาพที่ 2.9 เฟืองเฉียง



ภาพที่ 2.10 เฟืองก้างปลา

เฟืองดอกจอก (Bevel Gear) เมื่อเพลลาสองเพลลาวางทำมุมต่อกัน เส้นแนวแกนตัดกันเป็นมุม 90 องศา ปกติจะใช้เฟืองดอกจอกเป็นตัวส่งกำลัง เมื่อเพลลาทำมุมฉากกับเฟืองสองตัวมีขนาดเท่ากัน เราเรียกเฟืองดอกจอกชนิดนี้ว่า “Mitrer Gear” การส่งกำลังของเฟืองดอกจอกไม่จำเป็นที่เพลลาจะทำมุมฉากเสมอไป แกนเพลลาอาจจะตัดกันเป็นมุมมากหรือน้อยกว่าก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

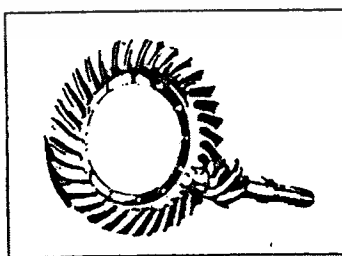


ภาพที่ 2.11 เฟืองดอกจอกที่เพลาทำมุมฉากกัน



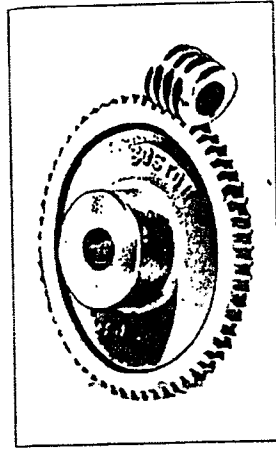
ภาพที่ 2.12 เฟืองดอกจอกที่เพลาไม่ทำมุมฉากกัน

เราเรียกเฟืองดอกจอกชนิดนี้ว่า Angular Bevel Gear โดยปกติเฟืองดอกจอกจะมีฟันตรง คล้ายกับเฟืองตรงมาก แต่ยังมีเฟืองดอกจอกอีกชนิดหนึ่ง มีรูปแบบของฟันบิดเฉียง เรียกเฟืองดอกจอกชนิดนี้ว่า Hypoid Gear เพลาของเฟืองชนิดนี้จะทำมุม 90 องศาต่อกัน แต่ไม่อยู่ในแนวแกนเดียวกัน ดังนั้นเพลาทั้งสองจึงไม่ตัดกัน Hypoid Gear ใช้กับงานส่งกำลังในรถยนต์

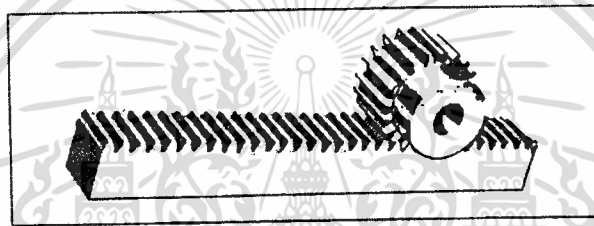


ภาพที่ 2.13 เฟืองดอกจอกที่เพลาไม่อยู่ในแนวแกนเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 เฟืองหนอน



ภาพที่ 2.15 เฟืองสะพาน

เฟืองหนอน (Worm Gear) เมื่อเฟืองสองเฟืองทำมุมฉากต่อกัน และต้องคำนึงถึงการลดกำลังขับ เฟืองหนอนและเกลียวหนอน (Worm Gear and Worm Shaft) เป็นชุดเฟืองที่เหมาะสมกับการใช้งาน เกลียวหนอนที่ใช้ขับเฟืองหนอนปกติจะเป็นเกลียวปากเดียวหรืออาจจะมีหลายปากก็ได้ เกลียวหนอน 2 ปาก จะหมุนขับเฟืองหนอนได้เร็วเป็นสองเท่าของเกลียวหนอนปากเดียว ขณะที่มิระยะพิตเท่ากัน

เฟืองสะพาน (Rack Gear) เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังขับในแนวเส้นตรงที่มีลักษณะหมุนกลับไปกลับมา เฟืองชนิดนี้เป็นแผ่นเฟืองที่มีผิวราบแบบมีฟันตรง เพื่อขับกับเฟืองตรงหรือฟันเฉียงเพื่อขับกับเฟืองเฉียง

## 2.6.2 มอเตอร์ไฟฟ้า

### 2.6.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟตรง

เนื่องจากการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับกันอย่างแพร่หลายทั้งเฟสเดียวและสามเฟส อาจทำให้คิดว่าไม่มีการใช้มอเตอร์กระแสไฟตรงแล้วก็ได้ ซึ่งเป็นจริงเฉพาะระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับตามปกติเท่านั้น แต่ไม่จริงในกรณีของเครื่องมือพิเศษ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั่วไป ซึ่งยังคงใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงกันอยู่มากและมีเครื่องมือบางชนิดไม่สามารถใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้

### 2.6.2.2 การใช้งานมอเตอร์กระแสไฟตรง

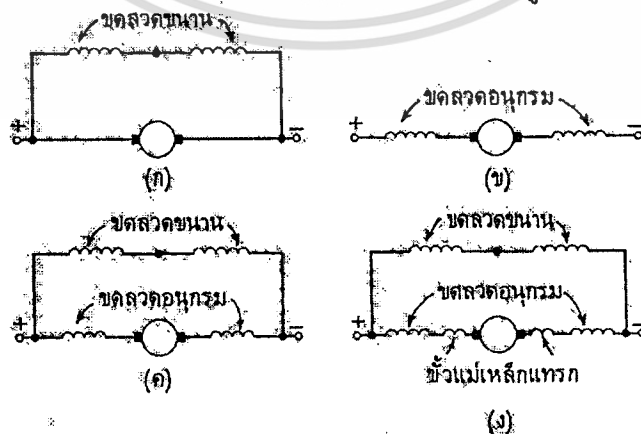
ตัวอย่างการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างแท้จริงคือมอเตอร์จุด ซึ่งมีใช้กับเก้าอี้คนไข้ เครื่องกลที่ใช้เป็นของเล่นเพื่อความเพลิดเพลินต่าง ๆ ยังใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ ถึงแม้จะมีใช้กันมานานแล้วก็ตามก็ยังมีการใช้ผิออกอยู่บ่อย ๆ โดยอุปกรณ์หรือเครื่องกลเหล่านั้น ควรใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ จะทำให้มีความปลอดภัยมากขึ้น และสามารถทนการใช้งานผิดพลาดอย่างแรงได้ดีกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นตัวอย่างการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอีกแบบหนึ่ง โดยกระแสไฟตรงที่ได้ออกมาไปใช้กับเครื่องตัดรื้อต้นไม้ เครื่องตัดหญ้าและตัดท่อนไม้ นอกจากนั้นในเครื่องบินยังใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในเรือมีปั๊มซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและในรถยนต์ต่าง ๆ ยังคงใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ทั้ง ๆ ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอยู่แล้วก็ตาม โดยแปลงไฟฟ้ากระแสสลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อนำไปใช้กับเครื่องมือไฟฟ้าที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหลาย

จะเห็นได้ว่าช่างไฟฟ้าอาจจะต้องทำงานเกี่ยวกับเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงในโอกาสก็ได้ และอาจจะพบกับความยุ่งยากต่าง ๆ ในการวิเคราะห์หาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อจะได้ทำการซ่อมต่อไป ในอดีตนั้นเคยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงกันมาก่อน จึงทำให้ช่างไฟฟ้าต้องบริการทางด้านนี้ด้วย แต่ในปัจจุบันได้มีการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับกันอย่างแพร่หลาย จึงทำให้ช่างไฟฟ้าไม่ค่อยมีโอกาสได้ฝึกฝนเกี่ยวกับเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงมากนัก

### 2.6.2.3 ชนิดของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง

วิธีการต่อวงจรภายในของมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีอยู่ 3 วิธี ทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีลักษณะคล้ายกันมาก ข้อแตกต่างก็คือ มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นตัวถูกขับเคลื่อนของการต่อวงจรเบื้องต้น 4 ชนิดแสดงไว้ในรูปที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 การต่อวงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรงสี่ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่สำคัญสำหรับช่างไฟฟ้าก็คือจะต้องจำแบบของการต่อวงจรชนิดต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ และสามารถแยกชนิดได้อย่างชัดเจนไม่สับสน

### 2.6.3 ระบบวงจรไฟฟ้าและการนำไปใช้

วัตถุต่างๆ ในโลกนั้นล้วนประกอบไปด้วย อะตอม (Atom) ของธาตุต่างๆ หลากๆ อะตอมรวมกันอยู่ ไม่ว่าจะเป็นโลหะต่างๆ เช่น เหล็ก, ทองแดง หรืออลูมิเนียม ที่เรารู้จักกันว่าเป็นตัวนำไฟฟ้า (เนื่องจากไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ผ่านสิ่งเหล่านี้ได้) หรือ วัสดุจำพวกพลาสติก, ยาง และไม้ ซึ่งไฟฟ้าไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้

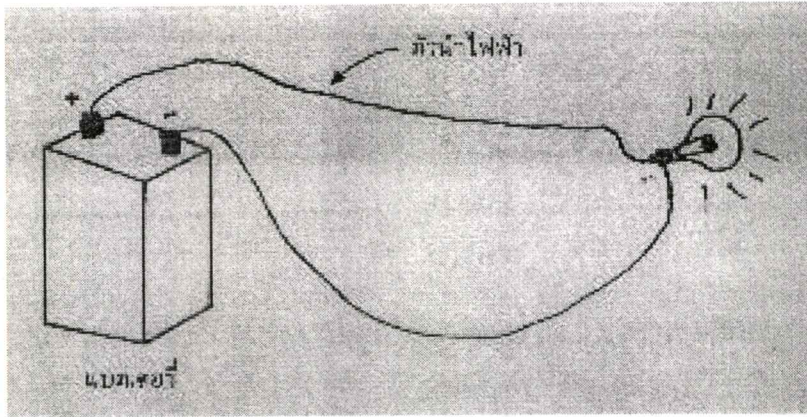
เหตุที่ไฟฟ้าสามารถไหลผ่านวัตถุที่เป็นโลหะได้ก็เพราะ อะตอมของโลหะเหล่านั้นมีอิเล็กตรอน (Electron) ที่เคลื่อนที่ได้ง่าย (เพราะมีแรงยึดเหนี่ยวกับแกนกลางของอะตอมน้อย) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในวัตถุตัวนำ (Conductor) คือการไหลของกระแสไฟฟ้า (Electrical Current) นั่นเอง สำหรับวัตถุจำพวกพลาสติก หรือ ไม้ นั้นแกนกลางของอะตอมมีแรงยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนมากจึงไม่สามารถหลุดออกมาเคลื่อนที่ได้ง่ายๆ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านวัตถุเหล่านี้ได้ยาก วัตถุเหล่านี้จึงมีชื่อเรียกว่า ฉนวน (Insulator)

กระแสไฟฟ้าที่เราได้กล่าวมานั้นจะเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อมีแรงดันไฟฟ้า (Electrical Voltage) มาผลักดันให้มันเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงต้องมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Source) เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) หรือแบตเตอรี่ (Battery) เป็นตัวกำเนิดแรงดันไฟฟ้าผลักดันให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าได้ เช่น เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟ ก็จะทำให้แสงสว่างแก่เรา เป็นต้น ประโยชน์ของไฟฟ้านั้นไม่ได้มีเพียงแต่ให้ความสว่างดังตัวอย่างที่กล่าวมาเท่านั้น แต่ไฟฟ้าก็ยังก่อให้เกิดพลังงานในรูปแบบอื่นๆ อีก ทั้งในวงการอุตสาหกรรมและในชีวิตประจำวันอีกมากมายเหลือคณานับ

#### 2.6.3.1 วงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าที่สมบูรณ์จะต้องประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. แหล่งกำเนิด ไฟฟ้า หมายถึงแหล่งจ่ายกำลังงาน ไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้า เมื่อเราต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า
2. ภาระไฟฟ้า นิยมใช้ศัพท์เฉพาะว่า โหลด (Load) คือ อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่ทำงานได้เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ, เครื่องรับวิทยุ ฯลฯ
3. ตัวนำไฟฟ้า คือ สายไฟฟ้า ซึ่งเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามาสู่โหลด



ภาพที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าที่สมบูรณ์

### วงจรเปิด (Open Circuits) และวงจรลัด (Short Circuits)

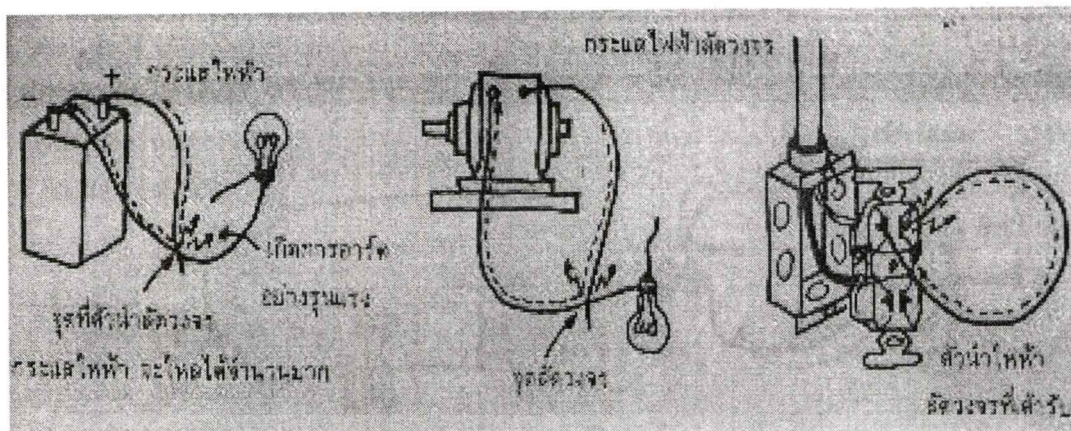
เมื่อวงจรไฟฟ้าสมบูรณ์กระแสไฟฟ้าจะไหลได้ครบวงจรเราก็ได้ประโยชน์จากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อเป็นโหลด (เช่น แสงสว่างจากหลอดที่เป็นหลอดไฟ) ลักษณะวงจรเหล่านี้เราเรียกว่า วงจรปิด (Closed Circuits) แต่ถ้าวงจรเปิด หมายถึง ตั๋วนำจุดใดจุดหนึ่งขาดออกจากกันหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานชำรุด (เช่น ใส้หลอดขาด) ก็ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่สมบูรณ์ ใช้งานไม่ได้



ภาพที่ 2.18 รูปแสดงลักษณะของวงจรเปิด

วงจรลัด หมายถึง การที่ขั้วทั้งสองของแหล่งจ่ายต่อกันโดยตรง (ไม่ผ่านโหลด) เมื่อเกิดวงจรลัดขึ้น กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านลวดตัวนำที่จุดลัดวงจรสูงสุด ทำให้เกิดประกายไฟอย่างรุนแรง ความร้อนที่ตัวนำสูงมาก อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ลัดวงจรจะไหม้และชำรุด ทั้งยังเป็นผลให้เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าถึงขั้นเสียชีวิตและทรัพย์สินได้ดังนั้น พึงจำไว้ว่า ถ้าจะต่อไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเพื่อนำไปใช้งาน ต้องมีโหลดเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.19 รูปแสดงการลัดวงจรจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบต่างๆ

### การนำวงจรไฟฟ้าไปใช้งาน

ก็คือการนำเอาวงจรขนานและอนุกรม มาใช้เพื่อให้เกิดความสะดวก ปลอดภัย และประหยัด โดยจะแยกวงจรไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน หรือวงจรไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคาร, โรงงานอุตสาหกรรม ออกเป็น 3 วงจร คือ

1. วงจรแผงจ่าย
2. วงจรแสงสว่าง
3. วงจรเต้ารับ

#### 2.6.3.2 อันตรายของกระแสไฟฟ้าต่อร่างกายมนุษย์

ไฟฟ้านั้นมีคุณอนันต์ แต่ถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ารู้เท่าไม่ถึงการณ์หรือประมาทเลินเล่อแล้ว ก็ให้โทษอย่างมหันต์เช่นกัน ดังนั้นจึงควรระมัดระวังไม่ให้ร่างกายไปสัมผัสถูกตัวนำไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นเส้นเดี่ยวหรือหลายๆเส้น (ขณะที่มีกระแสไหลผ่าน) โดยที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสกับพื้นดินหรือสัมผัสกับโลหะใดๆหรือตัวนำไฟฟ้าอื่นใดที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดิน เพราะจะทำให้มีกระแสไหลผ่านร่างกายลงพื้นดินได้ง่าย เมื่อกระแสไหลผ่านที่ใดได้ง่ายก็จะมีจำนวนมากทำให้เกิดการเกร็งของกล้ามเนื้อไม่สามารถสะบัดหลุดจากจุดที่ไฟฟ้าดูด ได้ ผลคือกระแสไฟฟ้าจำนวนมาก จะไหลผ่านร่างกายเป็นเวลานานขึ้น ก็ยิ่งก่อให้เกิดอันตรายอย่างยิ่ง

จากคู่มือ การใช้ไฟฟ้า ของการไฟฟ้านครหลวง ปี พ.ศ. 2528 นั้น ระบุถึงจำนวนกระแสไฟฟ้า และระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์ อันเป็นผลให้เกิดอันตรายเอาไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 จำนวนกระแสไฟฟ้า และระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์ อันเป็นผลให้เกิดอันตราย

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์ เป็น มิลิแอมแปร์	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
น้อยกว่า 0.5	ไม่รู้สึกระคาย
0.5 – 2	รู้สึกกระตุกเล็กน้อย
2 – 10	กล้ามเนื้อหดตัว กระตุกปานกลางถึงรุนแรง
10 – 25	เจ็บปวดกล้ามเนื้อ, เกร็งไม่สามารถปล่อยให้หลุดออกมาได้
มากกว่า 25	กล้ามเนื้อเกร็งกระตุกรุนแรงหัวใจเต้นผิดปกติ
50 – 100	(เต้นอ่อนหรือเต้นเร็ว)
มากกว่า 100	เสียชีวิตหัวใจหยุดเต้น , เนื้อหนังไหม้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกระแสไฟฟ้า/เวลาที่ทำให้มนุษย์เสียชีวิต

ปริมาณกระแส(มิลิแอมแปร์)	เวลา (นาที)	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
100	นานกว่า 3	เสียชีวิต
500	นานกว่า 0.11	เสียชีวิต
1000	นานกว่า 0.03	เสียชีวิต

โดยปกติในร่างกายมนุษย์จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ค่าหนึ่งแต่จะไม่คงที่เนื่องจากสภาพแวดล้อม เช่น อากาศชื้น หรือตัวเปียกก็จะทำให้ความต้านทานในร่างกายลดลง ดังนั้นขณะที่ร่างกายเปียกน้ำแล้ว ไปอยู่ในจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายได้ก็ยิ่งเป็นอันตรายมากกว่าสภาวะปกติเมื่อร่างกายแห้งอีกหลายเท่าตัวนัก (เนื่องจากความต้านทานของร่างกายน้อยก็จะมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากกว่าปกติไหลผ่าน) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ร่างกาย ผลที่ติดตามมาก็คือ กล้ามเนื้อหดตัว, เกร็ง และกระตุก หัวใจเต้น ไม่ปกติ และบังคับตัวเองให้หลุดไม่ได้ จึงเกิดกระแสไหลเข้าเป็นเวลานานขึ้น เซลล์ในร่างกายบริเวณผิวหนังจะตาย ผิวหนังไหม้ และหัวใจจะหยุดเต้น และเสียชีวิตในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.3.3 การปฏิบัติเพื่อให้เกิดความปลอดภัยทางไฟฟ้า

เราไม่สามารถกล่าวถึงกฎแห่งความปลอดภัยทางไฟฟ้าได้อย่างเฉพาะเจาะจง เพราะงานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้านั้น มีขอบเขตกว้างขวางเกินกว่าจะกล่าวได้ แต่เราอาจแบ่งขอบเขตดังกล่าวได้ ตามประเภทของการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า ซึ่งทางคณะกรรมการป้องกันอุบัติเหตุแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี (National Safety Council of Thailand) ได้แบ่งการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้า หรือการป้องกันอุบัติเหตุทางไฟฟ้าเอาไว้ 3 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นตอนการติดตั้ง (Installation) 2. ขั้นตอนปฏิบัติงาน (Operation) 3. ขั้นตอนการบำรุงรักษา (Maintenance)

#### 1. การป้องกันอุบัติเหตุทางด้านการติดตั้งไฟฟ้า

การติดตั้งไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นภายในอาคาร, นอกอาคาร, ระบบแสงสว่าง หรือระบบกำลังหลักสำคัญคือ ต้องปฏิบัติตามกฎของการเดินสายและติดตั้งไฟฟ้าที่ออกโดย การไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการติดตั้งต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานรับรองที่เชื่อถือได้ด้วย เช่น การใช้สายไฟขนาดเล็กกว่ามาตรฐานกำหนดของการไฟฟ้าฯ เพียงเพื่อจะลดค่าติดตั้งไฟฟ้า เนื่องจากสายไฟขนาดเล็กนั้นจะทนปริมาณของกระแสไฟฟ้าได้น้อยกว่าสายขนาดใหญ่ ถ้าภาระไฟฟ้าภายในบ้านมีจำนวนมากๆ ก็จะกินกระแสไฟฟ้ามามาก และถ้าค่ากระแสดังกล่าวมากเกินไปกว่าที่สายไฟฟ้าทนได้ ก็จะเกิดความร้อนขึ้นที่สายไฟ และฉนวนหุ้ม ในที่สุดฉนวนก็จะลุกไหม้เป็นเหตุให้เกิดไฟไหม้ขึ้นได้ เป็นการสูญเสียที่แพงกว่าราคาสายไฟอย่างเทียบกัน ไม่ได้เลย

#### 2. การป้องกันอุบัติเหตุทางด้านการปฏิบัติงานไฟฟ้า หมายถึงการปฏิบัติ

อย่างไรจึงจะมีความปลอดภัยในระหว่างที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ก่อนที่ผู้ปฏิบัติงานจะเริ่มทำงานจะต้องตรวจสอบแผงวงจรและป้ายแขวน เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ที่จะทำการซ่อมบำรุงรักษาได้ปลดไฟออกแล้ว และขณะที่กำลังปฏิบัติงานต้องมีผู้ควบคุมเพื่อไม่ให้ผู้หนึ่งผู้ใดสับสวิตช์จ่ายไฟเข้าอุปกรณ์อีก แม้ว่าจะ โดยบังเอิญก็ตาม

บริเวณที่ปฏิบัติงาน ควรมีผ้าคลุมยางและพรมยางเพื่อป้องกันไฟฟ้าดูด เพื่อความปลอดภัยในระหว่างปฏิบัติงาน จะต้องเป็นผู้ปฏิบัติงานอย่างน้อย 2 คน ถึงแม้ว่างานนั้นใช้เพียงคนเดียว เพื่อช่วยเหลือในกรณีฉุกเฉิน และผู้ปฏิบัติงานไม่ควรสวมใส่วัตถุที่เป็นสื่อไฟฟ้าทุกชนิด เช่น แหวน, สร้อย, หัวเข็มขัดโลหะ, ฯลฯ ซึ่งจะเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าได้ดี และอาจเกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานได้

#### 3. การป้องกันอุบัติเหตุทางด้านการซ่อมบำรุงรักษาไฟฟ้า

ผู้ที่ทำหน้าที่ซ่อมบำรุงไฟฟ้านั้น จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า ช่างสังเกต และรอบคอบ ในระบบไฟฟ้าที่มีการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในบ้านพักอาศัย ควรมีการตรวจตราอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆเป็นประจำ มีตารางการซ่อมบำรุงไฟฟ้าที่กำหนดระยะเวลาแน่นอน มีการตรวจและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดเสียหาย โดยในการบำรุงรักษาทุกครั้งผู้ปฏิบัติงานจะต้องเตรียมพร้อม ใช้เครื่องมือทุกชนิดให้ถูกต้องกับประเภทของงาน คำนึงถึงเครื่องมือทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องมีฉนวนหุ้มมิดชิด ขณะปฏิบัติงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าต้องแจ้งให้ผู้ร่วมงานคนอื่นรู้ทั่วกัน โดยอาจติดป้ายซ่อมบำรุงให้เด่นชัด และกำหนดระยะเวลาที่แน่นอน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในงานที่ได้กำหนดไว้แล้ว ให้แจ้งผู้ร่วมงานใหม่ทุกครั้ง และที่สำคัญคือ อย่าปฏิบัติงานคนเดียว

## 2.7 วัสดุและกรรมวิธีการผลิต

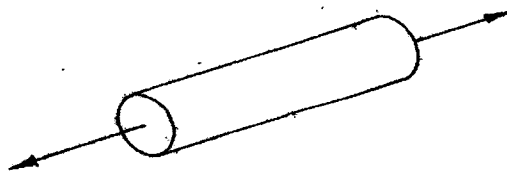
ในการที่จะนำวัสดุต่างๆมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นมีวัสดุหลายชนิดที่จะให้เลือกใช้ซึ่งขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้ที่ถูกต้องและความเหมาะสม กล่าวคือ การนำวัสดุมาแปรรูปหรือใช้สร้างชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆนั้น จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติและจุดอ่อนต่างๆ ของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อที่จะได้เลือกใช้ชนิดและวิธีการผลิตให้เหมาะสมกับการใช้งาน นอกจากนี้แล้วใช้ประกอบการพิจารณาเลือกเครื่องมือเครื่องจักรที่จะใช้ในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อสามารถเลือกวิธีการยึดต่อประสานได้อย่างเหมาะสม การตกแต่งผิวก็สามารถทำได้ง่ายและสะดวก มีความสวยงาม และราคาเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้นๆสามารถที่จะผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้

นักออกแบบผลิตภัณฑ์ควรที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับ รูปร่าง และขนาดต่างๆ ของวัสดุที่มีขายในท้องตลาดด้วยว่า หาได้ยากง่ายหรือไม่ มีปริมาณมากน้อยแค่ไหน คุณสมบัติและโครงสร้างของวัสดุแต่ละชนิดเป็นอย่างไร ทำให้สามารถที่จะเลือกใช้วัสดุได้ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของงานสามารถกำหนดหรือซื้อวัสดุได้ถูกต้องตามแบบที่ต้องการ เป็นต้น

### 2.7.1 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้งานควรพิจารณาดังนี้

#### 2.7.1.1 ความแข็งแรง

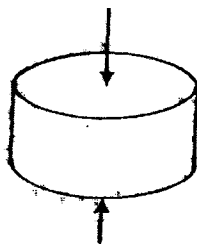
คือความสามารถในการรับแรงได้โดยไม่ต้องทำให้วัสดุแตกหักหรือเกิดการเสียหาย ความแข็งแรงนี้สามารถแยกออกเป็น ความแข็งแรงในการรับแรงดึง คือ ความสามารถของวัสดุที่จะต้านทานการแตกหักเมื่อได้รับแรงดึงสองข้างออกจากกัน คุณลักษณะนี้สำคัญสำหรับวัสดุโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เช่น พลาสติกสามารถรับแรงดึงสูงสุดประมาณ  $\frac{1}{2}$  เท่าของอูมิเนียม เป็นต้น



ภาพที่ 2.20 แสดงความแข็งแรงในการรับแรงดึง

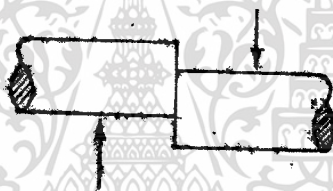
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งแรงในการรับแรงอัด คือ ความสามารถของวัสดุที่จะต้องต้านทานการปริแตก เมื่อถูกแรงอัด เช่น เหล็กหล่อเป็นวัสดุที่สามารถรับแรงอัดได้สูง แต่สามารถรับแรงดึงได้ต่ำ เป็นต้น



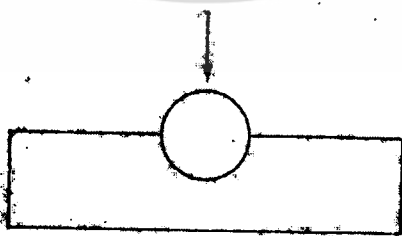
ภาพที่ 2.21 แสดงความแข็งแรงในการรับแรงอัด

ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน คือ โลหะถูกกรรไกรตัดไม้ฉีกขาดเมื่อถูกแรงเฉือน เช่น เมื่อโลหะถูกกรรไกรตัดแล้ว ไม้ฉีกขาดออกจากกัน



ภาพที่ 2.22 แสดงความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน

2.7.1.2 ความแข็งแรงของผิว คือ คุณสมบัติของวัสดุในการต้านทานการสึกหรอ หรือการขีดข่วน หรือแรงกด วัสดุที่แข็งแรงจะกดวัสดุที่อ่อนกว่าให้เป็นรอย



ภาพที่ 2.23 แสดงความแข็งแรงของผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 ความเปราะ เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ เมื่อนำวัสดุมางอหรือทุบ กระแทก วัสดุนั้นแตกหักเป็นเสี่ยงๆ แทนที่จะโค้งงอ เรียกว่าเป็นวัสดุเปราะ

2.7.1.4 ความสามารถในการยืดตัว คือคุณสมบัติของวัสดุที่จะดึงหรืออัดให้ยืดตัวออกได้โดยง่ายโดยไม่แตกหักหรือขาดออกจากกัน เช่น อลูมิเนียม ทองแดง เหล็กกล้า ทองเหลือง เป็นต้น

2.7.1.5 ความสามารถในการบิดงอและอัดขึ้นรูปได้ คือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถบิดงอและอัดรีดขึ้นรูปได้ไม่แตกหักคล้ายกับความสามารถในการยืดตัว เช่น โลหะอ่อนสามารถบิดงอได้ดีกว่าโลหะแข็ง เป็นต้น

2.7.1.6 ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว คือคุณสมบัติในการคืนตัวสู่ที่เก่าภายหลังจากถูกแรงดึงหรืออัด เช่น แท่งยางเมื่อเราดึงออกจากกันเมื่อปล่อยมือแท่งยางจะหดคืนที่เดิม เป็นต้น

2.7.1.7 ความสามารถในการนำหรือเป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นวัสดุที่ยอมให้ไฟฟ้าผ่านไหลได้ดี เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

2.7.1.8 ความสามารถในการนำความร้อน คือวัสดุบางอย่างสามารถทำให้ความร้อนไหลผ่านได้ดี เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

#### กฎการเลือกใช้วัสดุ

1. Formability หมายถึง ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นเป็นงานสำเร็จรูปได้ง่าย
2. Mach inability หมายถึง ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นสำเร็จรูปได้ต้องอาศัยเครื่องจักรกล
3. Mechanical Stability หมายถึง คุณสมบัติทางกล ในขณะที่ใช้งาน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
4. Electrical Behaviors หมายถึง คุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องเหมาะสมกับงาน
5. Cost หมายถึง มีราคาพอสมควร

#### 2.7.2 โลหะ

วัสดุที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม แยกเป็น 2 หมู่ใหญ่ ๆ คือ

1. โลหะ
2. อโลหะ

##### 2.7.2.1 โลหะจำพวกเหล็ก (Ferrous Metals)

###### 1. สีนแร่เหล็ก

สินแร่นี้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด แต่ละชนิดจะอยู่ในสภาพที่รวมตัวอยู่กับออกซิเจน ทั้งสิ้นซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ฮีมาไทต์ เป็นแร่เหล็กสีแดง ซึ่งจะมีเนื้อเหล็กอยู่ประมาณร้อยละ 70 และมีสภาพเป็นแม่เหล็ก (Magnetic Iron) แหล่งที่พบคือ ประเทศสวีเดน สหรัฐอเมริกา และประเทศไทย

1.2 แมกนีไทต์ เป็นแร่เหล็กสีดำ ซึ่งจะมีเนื้อเหล็กผสมอยู่ประมาณร้อยละ 72.4 และมีสภาพเป็นแม่เหล็กเช่นเดียวกับสินแร่ ฮีมาไทต์ ประเทศสวีเดน สหรัฐอเมริกา และประเทศไทย

1.3 ซิเดอไรต์ เป็นแร่เหล็กสีน้ำตาล ซึ่งจะมีเนื้อเหล็กผสมอยู่ไม่มากนัก คือประมาณร้อยละ 48.3 แหล่งที่พบคือ ประเทศเยอรมัน สหรัฐอเมริกา และประเทศไทย

1.4 โลมอไนต์ เป็นแร่เหล็กสีน้ำตาล ซึ่งจะมีเนื้อเหล็กผสมอยู่ประมาณร้อยละ 60 – 65 แหล่งที่พบมากคือ รัฐเท็กซัส มิสซูรี และโคโลราโด ในประเทศสหรัฐอเมริกาสินแร่เหล็กทุกชนิดที่พบในทุกๆแห่ง นอกจากจะมีสภาพเป็นออกไซด์แล้ว ยังมีธาตุอื่นๆผสมอยู่ด้วย เช่น ซิลิกอน คาร์บอน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ และแมงกานีส เป็นต้น

## 2. เหล็กดิบ (Pig Iron)

เหล็กดิบเป็นผลผลิตที่ได้มาจากเตาสูงหรือเรียกว่า เตาบลาสต์เฟอร์เนซ (Blast furnace) โดยการถลุงสินแร่เหล็ก ความร้อนที่ใช้ในการถลุงนั้น ได้มาจากการเผาไหม้ของถ่านโค้ก (Coke) โดยมีลมร้อนเป็นสิ่งที่ช่วยในการเผาไหม้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่สูงยิ่งขึ้น โดยให้ความร้อนได้สูงถึง 3,000 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 1,649 องศาเซลเซียส ซึ่งในระดับอุณหภูมิดังกล่าวนี้สามารถหลอมละลายสินแร่ต่างๆ ได้ และสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือสิ่งสกปรกซึ่งในกระบวนการหลอมละลายสินแร่ด้วยเตาสูงนั้น จะมีสิ่งสกปรกเกิดขึ้นเราเรียกว่า สแลก (Slag) ซึ่งต้องกำจัดออกจากน้ำโลหะ ก่อนนำน้ำโลหะไปเทลงสู่แบบหล่อ

สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ถลุงเหล็กดิบนั้น ได้แก่ สินแร่เหล็ก หินปูน ถ่านโค้ก และเหล็กใช้ซ้ำ ซึ่งจะถูกบรรจุลงในเตาสูงตามลำดับ

## 3. เหล็กหล่อ (Cast Iron)

เหล็กหล่อเป็นเหล็กที่รู้จักกันและใช้กันอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลาานาน เหล็กหล่อกคล้ายกับเหล็กกล้า ก็ตรงที่เหล็กหล่อนั้นเป็นเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่เช่นกัน และสามารถศึกษาโครงสร้างจากแผนภาพสมดุลเพียงแต่ปริมาณของคาร์บอนในเหล็กหล่อจะมีมากกว่าในเหล็กกล้า คือมีคาร์บอนตั้งแต่ร้อยละ 2 – 6.67 ในอุตสาหกรรมเหล็กหล่อโดยทั่วไปแล้วจะมีคาร์บอนอยู่ร้อยละ 2.5 – 4 ถ้าปริมาณคาร์บอนมากกว่านี้เหล็กจะสูญเสียคุณภาพทางด้านความเหนียว คือเปราะและแตกหักได้ง่ายเมื่อถูกแรงกระแทก ปกติเหล็กหล่อส่วนมากจะขาดคุณสมบัติทางด้านความเหนียวเมื่อเทียบกับเหล็กกล้า จึงไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยการรีดหรือการดึงขึ้นรูปที่อุณหภูมิได้

ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการแล้ว จึงนำมาทำการกลึง ไซ ตัด และเจาะ แม้ว่าเหล็กหล่อส่วนใหญ่จะให้คุณสมบัติความเค้นแรงดึงสูงสุดต่ำและขาดคุณสมบัติทางด้านความเหนียว แต่เหล็กหล่อมีราคาถูกกว่า มีจุดหลอมตัวต่ำสามารถหล่อขึ้นรูปได้ง่ายกว่าเหล็กกล้าและยังสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ โดยการเติมธาตุผสมที่เหมาะสม และการอบชุบที่ดีจะทำให้คุณสมบัติของเหล็กหล่อเปลี่ยนแปลงได้อย่างกว้างขวาง จนเหล็กหล่อบางชนิดมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กกล้า ทำให้การพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กหล่อเป็นไปอย่างกว้างขวาง รวมทั้งปริมาณการผลิตเหล็กหลอก็เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วการขึ้นรูปเหล็กหล่อที่อุณหภูมิสูงนั้นทำได้ยาก แต่วิธีที่ใช้ในการขึ้นรูปถึงแม้ว่ารูปร่างจะซับซ้อนแต่ก็สามารถทำได้ โดยการหลอมเหล็กให้ละลายแล้วเทลงแบบหล่อที่ทำด้วยทรายหรือวัสดุทนความร้อน จึงได้ชื่อตามกรรมวิธีการขึ้นรูปว่า เหล็กหล่อ หลังจากหล่อรูปร่างได้

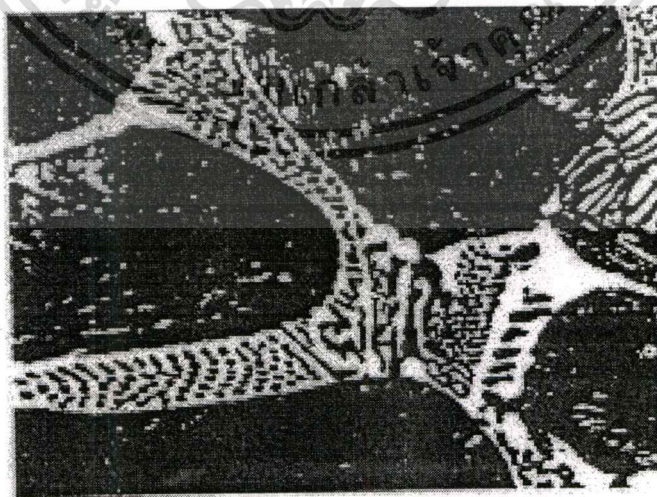
ชนิดของเหล็กหล่อ สามารถจำแนกประเภทได้หลายลักษณะ มีทั้งจำแนกโดยกำหนดส่วนผสม, การอบชุบภายหลังการหล่อ, อัตราการเย็นตัวของเหล็กภายในแบบหล่อและธาตุผสม ตลอดจนสิ่งเจือปน แต่ที่แพร่หลายและยอมรับกันนั้น อาศัยลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานและลักษณะการรวมตัวของคาร์บอนเป็นหลักในการจำแนกประเภท ซึ่งจัดไว้เป็น 4 กลุ่มใหญ่คือ

#### 1 เหล็กหล่อสีขาว (White Cast Iron)

เป็นเหล็กหล่อที่มีคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 1.7 – 2 ซึ่งคาร์บอนจะรวมตัวอยู่กับเหล็กอยู่ในรูปคาร์ไบด์หรือซีเมนไทต์ ทำให้เหล็กมีความแข็งเปราะแตกหักได้ง่าย เนื้อเหล็กจะมีสีขาว เหล็กหล่อขาวนี้จะมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 380 – 550 HB ความแข็งนั้นจะแปรเปลี่ยนไปตามธาตุผสมอื่นๆ ด้วย เช่น โครเมียม หรือ โมลิบดีนัม

#### 2. เหล็กหล่อสีเทาหรือเหล็กหล่อดำ (Gray Cast Iron)

เหล็กหล่อชนิดนี้จะมีโครงสร้างคล้ายกับเหล็กดิบ ซึ่งในบางครั้งสามารถผลิตเหล็กหล่อสีเทาได้จากเหล็กดิบ เหล็กหล่อสีเทาจะมีราคาถูกเมื่อเทียบกับโลหะชนิดอื่นๆ ทั้งยังตกแต่งขึ้นรูปได้ง่าย มีจุดหลอมเหลวต่ำ อัตราการขยายตัวมีน้อย ทนต่อแรงอัดและแรงรับตั้น ได้ดี

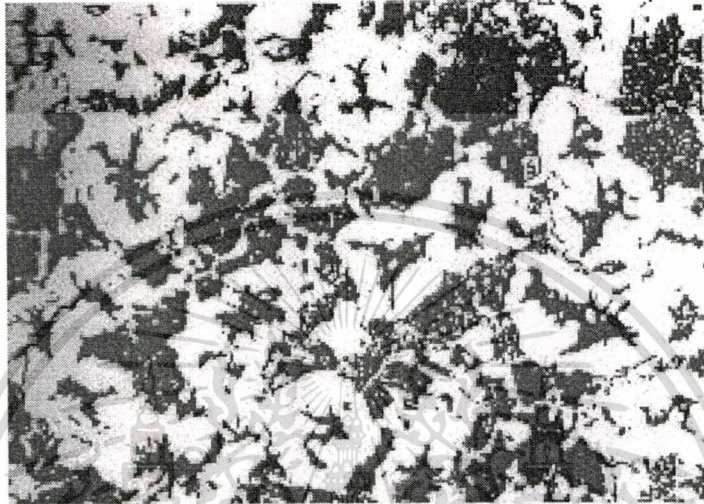


ภาพที่ 2.24 แสดงโครงสร้างเหล็กหล่อสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. เหล็กหล่อเหนียว (Ductile and Malleable Cast Iron)

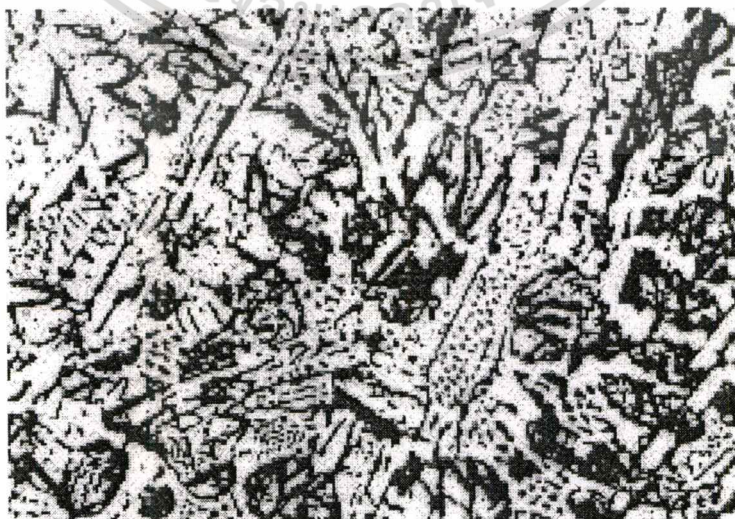
เหล็กหล่อชนิดนี้จะมีความแข็งแรงสูงทั้งยังมีความเหนียวและทนต่อแรงกระแทกได้ดี ในการทดสอบแรงดึงเหล็กหล่อเหนียวจะพบว่าคล้ายคลึงกับเหล็กกล้าคือ จะมีความยืดหยุ่นแต่จะไม่ปรากฏจุดคราก นอกจากนั้นยังสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกลโดยวิธีทางความร้อนได้ดีอีกด้วย



ภาพที่ 2.25 แสดง โครงสร้างเหล็กหล่อเหนียว

### 4. เหล็กหล่อผสมหรือเหล็กหล่อพิเศษ (Alloys or Special Cast Iron)

เหล็กหล่อชนิดนี้นอกจากจะมีคาร์บอนผสมอยู่แล้วยังมีธาตุอื่นๆผสมอยู่ด้วย เช่น โครเมียม นิกเกิล และ โมลิบดีนัม เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เหล็กหล่อชนิดนี้มีความแข็งแรงขึ้น ทนทานต่อการเสียดสี ด้านทานแรงดึงและแรงกระแทกได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 2.26 แสดง โครงสร้างเหล็กหล่อผสมหรือเหล็กหล่อพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่เหล็กหล่อทั้ง 4 ชนิด ซึ่งได้แก่ เหล็กหล่อสีขาว เหล็กหล่อสีเทา เหล็กหล่อเหนียว เหล็กหล่อผสมหรือเหล็กหล่อพิเศษนี้ มีความแข็งแรงเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานแต่ละประเภท นั้น ย่อมขึ้นอยู่กับธาตุต่างๆ ที่ผสมอยู่ในเหล็กหล่อเหล่านั้น เช่น คาร์บอน โครเมียม นิกเกิล และโมลิบดีนัม เป็นต้น แต่มีธาตุบางชนิดที่ทำให้คุณสมบัติทางกลของเหล็กหล่อลดลง ซึ่งได้แก่ ฟอสฟอรัส ตะกั่ว และเทลลูเรียม จึงไม่ควรให้มีธาตุต่างๆ เหล่านี้ผสมอยู่ในเหล็กหล่อ

#### 4. เหล็กกล้า (Steel)

เหล็กกล้าเป็นเหล็กที่ถูกนำไปใช้ในงานต่างๆ มากมาย ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กกล้านั้นมีคุณสมบัติในการรับแรงต่างๆ ได้ดี เช่น แรงกระแทก แรงดึง แรงอัด และแรงเฉือน ซึ่งธาตุผสมส่วนใหญ่จะเป็นทั้งโลหะและอโลหะ เช่น โมลิบดีนัม ทังสเตน วานาเดียม และซิลิคอน เป็นต้น สำหรับกรรมวิธีทางความร้อนที่กระทำต่อเหล็กกล้านั้น จะทำให้โครงสร้างเล็กๆ ของเหล็กกล้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดในลำดับต่อไป เราทราบอยู่แล้วว่าเหล็กทุกชนิดมีคาร์บอนผสมอยู่ไม่มากนักน้อย เหล็กกล้าก็เช่นเดียวกัน มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกินร้อยละ 2 และเหล็กกล้ายังแบ่งได้ตามปริมาณของคาร์บอนที่ผสมอยู่ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดดังนี้

1. เหล็กกล้าคาร์บอน ประกอบด้วยเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ และเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง และเหล็กกล้าคาร์บอนสูง ซึ่งเหล็กกล้าคาร์บอนทั้ง 3 ประเภทนี้อาจเรียกว่า เหล็กถลุงก็ได้ แต่ถ้ามีคาร์บอนผสมอยู่มากเราจะเรียกว่า เหล็กกล้าเครื่องมือคาร์บอน

2. เหล็กกล้าผสม เหล็กกล้าชนิดนี้ นอกจากจะมีคาร์บอนผสมอยู่แล้วยังมีธาตุอื่นๆ ผสมอยู่ด้วยซึ่งจะได้กล่าวในลำดับต่อไป เหล็กกล้าผสมนี้ประกอบด้วยเหล็กกล้าผสมต่ำ เหล็กกล้าผสมปานกลาง และเหล็กกล้าผสมสูง ซึ่งธาตุที่ผสมในเหล็กกล้านี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3. ซิลิคอน มีอยู่ในเหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ ซิลิคอนที่ผสมอยู่นั้นจะช่วยให้เกิดการจับตัวของแกรไฟต์ ดังนั้น ปริมาณซิลิคอนที่มีอยู่ในเหล็กกล้าผสมที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปจะมีอย่างมากไม่เกินร้อยละ 5 ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดแกรไฟต์ขึ้นนั่นเอง และเหล็กกล้าผสมซิลิคอนที่สำคัญอาจแยกออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

(1) Silicon – Manganese Steel ประกอบด้วยซิลิคอนร้อยละ 1.5 – 2

แมงกานีสร้อยละ 0.6 – 1 เหล็กกล้าชนิดนี้นิยมใช้ในการทำแท่นรถยนต์ ทั้งนี้ก็เพราะว่าเหล็กชนิดนี้สามารถรับแรงกระแทกได้ดี

(2) Silicon Steel ประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 0.07 ซิลิคอนร้อยละ 4 เป็นเหล็กกล้าที่มีค่าความเป็นแม่เหล็กสูงและมีความต้านทานไฟฟ้าได้ดี จึงนิยมนำไปใช้ทำแกนทรานส์ฟอร์เมอร์และขั้วไดนาโม เป็นต้น

(4) Valve Steel เป็นเหล็กกล้าผสมที่ใช้ทำวาล์วต่างๆ ในรถยนต์ โดยซิลิคอนเป็นธาตุผสมที่มีความสำคัญรองลงมา ตัวอย่างเช่น โลหะผสม Silchrome และ Valmax ซึ่งประกอบด้วยโครเมียมร้อยละ 8 และซิลิคอนร้อยละ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โมลิบดีนัม ช่วยให้เกิดการจับตัวของคาร์ไบด์อย่างแน่นหนาและเป็นธาตุที่ช่วยไม่ให้เกิดการแตกร้าวได้ง่ายและยังป้องกันไม่ให้เกิดการขยายตัวของเกรนอีกด้วย โมลิบดีนัมนี้มักจะใช้ส่วนผสมร่วมกับธาตุชนิดอื่นๆ ในเหล็กกล้า และ โมลิบดีนัมจะช่วยทำให้คุณสมบัติทางกลต่างๆของเหล็กกล้าที่มีอุณหภูมิสูงมีคุณสมบัติดีขึ้น โมลิบดีนัมจำนวนร้อยละ 5 ช่วยทำให้เหล็กกล้าผสมนั้นมีความต้านทานต่อการเกิดครีป (Creep) เมื่อใช้งานที่มีอุณหภูมิสูงๆ เหล็กกล้าผสมโมลิบดีนัมนี้ใช้ในการทำเครื่องมือต่างๆ ที่มีรอบหมุนด้วยความเร็วสูง และใช้ทำชิ้นงานอื่นๆที่ต้องต้านทานความร้อน และต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดี

5. วานาเดียม เป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดการจับตัวของคาร์ไบด์อย่างแน่นหนา เหล็กกล้าที่ผสมวานาเดียมจะนำไปใช้ทำเครื่องมือต่างๆ ที่มีรอบหมุนด้วยความเร็วสูง นอกจากนี้ยังเป็นธาตุที่ช่วยทำให้เหล็กกล้ามีขนาดเกรนละเอียด และเป็นตัวกำจัดออกซิเจนที่ดีมาก ช่วยจัดการเกิดสนิมและสิ่งเจือปนอื่นๆ ในเนื้อเหล็ก

6. ทังสเตน เป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดการจับตัวของคาร์ไบด์อย่างแน่นหนา และคาร์ไบด์เหล่านี้จะไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกับเหล็กทั้งหมดถึงแม้จะที่มีอุณหภูมิสูงๆก็ตาม ดังนั้นเหล็กชนิดนี้จึงใช้ทำเครื่องมือพวกที่มีรอบหมุนด้วยความเร็วสูง อีกทั้งทังสเตนยังจะช่วยให้เหล็กกล้าผสมมีขนาดเกรนละเอียด นอกจากนั้นทังสเตนที่มีผสมอยู่น้อยยังช่วยให้เหล็กกล้าผสมนั้นมีความต้านทานต่อความร้อนและการกัดกร่อนทำลายต่างๆ ได้ดี

#### 2.7.2.2 โลหะนอกจำพวกเหล็ก (Nonferrous Metals)

โลหะนอกจำพวกเหล็กสามารถแบ่งเป็น 3 ชนิดดังนี้ คือ โลหะหนัก (Heavy Metals) โลหะเบา (Light Metals) และ โลหะผสม (Alloy Metals)

1. โลหะหนัก (Heavy Metals) โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นสูงกว่า  $4 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  ซึ่งโลหะหนักมีความสำคัญในงานอุตสาหกรรมอย่างมากและยังเป็นต้นกำเนิดโลหะผสมอีกหลายชนิดด้วยกัน โลหะหนักที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้

(1) ทองแดง มีความหนาแน่น  $8.9 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $1,073 - 1,093$  องศาเซลเซียส และดึงเป็นเส้นได้ดีมาก นอกจากนั้นยังสามารถนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี อีกทั้งยังทนต่อการสึกหรอและทนต่อการกัดกร่อน ฟิล์มของทองแดงจะมีสีเขียว เรียกว่า พาคินา ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการแทรกตัวของอากาศได้ดี แต่ถ้านำทองแดงไปใช้เป็นภาชนะเก็บกรณน้ำดื่ม จะเกิดสารประกอบที่มีพิษต่อร่างกาย

กรรมวิธีการถลุงทองแดงมี 2 วิธีใหญ่ๆ คือ กรรมวิธีแห้ง และกรรมวิธีเปียก นอกจากนี้ทองแดงยังสามารถแปรรูปด้วยวิธีอื่นๆ ได้ เช่น ทองแดงตีขึ้นรูป ทองแดงรีดขึ้นรูป เป็นต้น

ทองแดงสามารถนำไปใช้ทำสายไฟฟ้า เครื่องไฟฟ้า หัวเร่งบังคับกรี เครื่องประดับต่างๆ หรือ อุปกรณ์เครื่องเย็น และอุปกรณ์เครื่องจักรกล เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถทำเป็นวัตถุผสม เช่น ทองเหลืองบรอนซ์ เป็นต้น

(2) สังกะสี มีความหนาแน่น 7.1 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 419 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดหลอมเหลวที่ต่ำ เป็นโลหะที่ทนทานต่อสภาพบรรยากาศ ไม่เกิดการกัดกร่อนแต่ไม่ทนต่อกรดและเกลือ เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวได้มาก ถ้าเราดึงหรือรีดสังกะสีหล่อ ค่าความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นประมาณ 3 – 4 เท่าตัว และใช้สังกะสีเคลือบผิวเหล็กได้ดี ทั้งยังสามารถนำสังกะสีไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ได้อีกด้วย เช่น เหล็กแผ่น ลวด ท่อประปา ชิ้นส่วน วิทยุ – โทรทัศน์ กระจบบอกไฟฉาย ชิ้นส่วนรถยนต์ ภาชนะในครัว และแบตเตอรี่

(3) ดีบุก มีความหนาแน่น 11.2 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส ดีบุกเป็นโลหะที่มีสีขาวคล้ายเงิน มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีเนื้อโลหะอ่อนและรีดเป็นแผ่นง่าย อีกทั้งยังทนต่อการกัดกร่อนในบรรยากาศปกติได้ดี ไม่เป็นพิษ จึงนำไปเคลือบแผ่นเหล็ก ทำกระป๋องบรรจุอาหาร และถ้าเรานำแท่งดีบุกมาคัดโค้งงอ เราจะได้ยินเสียงจากภายในเนื้อดีบุก แต่ถ้าอุณหภูมิของแท่งดีบุกน้อยกว่า 18 องศาเซลเซียส ดีบุกนั้นจะสลายตัวเป็นเม็ดป่นสีเทา ดีบุกนี้ถูกละลายจากสินแร่ดีบุกออกไซด์ สามารถนำดีบุกไปใช้เป็นโลหะบัดกรี แบตเตอรี่ ทั้งยังใช้เคลือบแผ่นเหล็กเพื่อป้องกันการกัดกร่อนและใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์

(4) ตะกั่ว มีความหนาแน่น 11.2Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีความเหนียวและนุ่มขึ้นรูปได้ง่าย มีความหนาแน่นมาก อีกทั้งยังมีจุดหลอมเหลวต่ำ ทนการกัดกร่อนได้ดีโดยเฉพาะกรด แต่สารประกอบของตะกั่วมีพิษต่อร่างกาย โดยปกติแล้วตะกั่วมักเกิดร่วมกับสังกะสี นอกจากนี้ตะกั่วยังมีคุณสมบัติเป็นตัวหล่อลื่นที่ดีอีกด้วย แต่ตะกั่วจะมีความแข็งแรงต่ำตะกั่วสามารถนำไปใช้ทำแผ่นตะกั่วในหม้อแบตเตอรี่ โลหะหุ้มสายเคเบิล ฉากป้องกันกัมมันตภาพรังสีต่างๆ ทำโลหะผสมต่างๆ ใช้ในงานอุตสาหกรรมทำสี ทำน้ำหนักถ่วงความสมดุล บุปผาผนังห้องและพื้นห้องเพื่อเก็บเสียงและลดการสั่นสะเทือนได้อีกด้วย

(5) นิกเกิล มีความหนาแน่น 8 – 8.9 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 1,450 องศาเซลเซียส นิกเกิลมักจะเกิดร่วมกับแร่อื่น เป็นโลหะที่มีสีขาวคล้ายเงิน มีความเหนียวและขึ้นมันได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่าง แต่ไม่ทนต่อกรดอย่างเข้มข้น เช่น กรดคลินประสิทธิ เมื่อนำนิกเกิลผสมในเหล็กทำให้เป็นแม่เหล็กดีขึ้น สามารถนำไปใช้ในงานชุบเคลือบผิวป้องกันสนิม ทำวาล์วที่อยู่ในด่าง ทั้งนี้เพราะทนทานต่อการกัดกร่อนของด่าง เครื่องมือในงานแพทย์ งานที่ใช้อุณหภูมิสูง เช่น ทำเหล็กกล้าไร้สนิม

(6) โครเมียม มีความหนาแน่น 6.8 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 1,900 องศาเซลเซียส โครเมียมเป็นโลหะที่มีสีคล้ายเหล็ก เมื่อหักดูจะมีรอยหักเป็นสีขาว เป็นมันวาววับเหมือนกับเงิน แต่แข็งและเปราะ ทนต่อการกัดกร่อนและทนต่อการสึกหรอ สามารถเอกละลายเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปใช้ในงานเคลือบผิวป้องกันสนิม ทำวัสดุผสมกับเหล็กเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม กระจกสูบ และเครื่องมือที่ทนต่อการสึกหรอ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้เป็นสารเคมีฟอกหนัง

(7) ทังสเดน มีความหนาแน่น  $19.3 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $3,370$  องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีสีขาวเหมือนเงิน มีความเหนียว มีจุดหลอมเหลวสูง ทนต่อการกัดกร่อน เป็นตัวนำความร้อนได้ดี มีความแข็งแรงแต่เปราะ นอกจากนี้ทังสเดนยังอยู่ในลักษณะเป็นผงบดอัดมีสีเทา ซึ่งทนต่อการสึกหรอได้ดี สามารถนำไปใช้ทำไส้หลอดไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำวัสดุโลหะผสม หน้าสัมผัสอุปกรณ์ไฟฟ้า

(8) โมลิบดีนัม มีความหนาแน่น  $10.2 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $2,622$  องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีสีขาวเหมือนเงิน มีความเหนียวสามารถตัดโค้งงอได้ ทำเป็นแผ่นบางได้ มีคุณสมบัติอื่นๆทั่วไปคล้ายกับทังสเดนสามารถนำไปใช้ผสมทำให้โลหะมีความแข็งแรง เช่น ใช้เป็นวัสดุผสมกับเหล็กให้เหล็กมีความเหนียวขึ้น ความเค้นแรงดึงเพิ่มขึ้น

(9) วานเดียม มีความหนาแน่น  $5.7 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $1,715$  องศาเซลเซียส เป็นโลหะมีสีเทาคล้ายเหล็ก มีความแข็งแรงมากและทนต่อการกัดกร่อนของกรด อีกทั้งยังทนต่อความร้อนได้สูงมาก วานเดียมบริสุทธิ์เตรียมได้ยากมาก จึงนิยมเตรียมในรูปสารประกอบของเหล็กกับวานเดียมสามารถนำไปใช้ทำเป็นโลหะผสมเหล็ก ซึ่งมักจะผสมประมาณร้อยละ  $0.2$  ทำให้ความเหนียวและความเค้นสูงมากขึ้น

(10) โคบอลต์ มีความหนาแน่น  $8.6 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $1,490$  องศาเซลเซียส เป็นโลหะสีเงินเทา มีคุณสมบัติคล้ายนิกเกิลแต่มีความเหนียวมากกว่า และเป็นส่วนประกอบสำคัญของโลหะแข็ง โคบอลต์นั้นสามารถนำไปใช้ผสมทำแม่เหล็ก และใช้ทำเครื่องมือในวงการแพทย์ได้

(11) แมงกานีส มีความหนาแน่น  $7.4 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $1,250$  องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีสีขาวเทา มีคุณสมบัติอื่นๆคล้ายนิกเกิล มีความแข็งแรงแต่เปราะ และถ้าผสมลงในเหล็ก มีผลทำให้แกรไฟต์แยกตัวได้น้อยในเหล็กหล่อ แมงกานีสสามารถนำไปใช้เป็นโลหะผสม เช่นทำเป็นเหล็กหล่อ เหล็กกล้า ทองแดงผสม ดังนั้นแมงกานีสบริสุทธิ์จึงไม่นิยมที่จะนำไปใช้งาน

(12) แทนเทเลียม มีความหนาแน่น  $16.6 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $3,030$  องศาเซลเซียส เป็นโลหะแข็ง มีสีเทาเป็นมัน ถ้ายังบริสุทธิ์เท่าใดจะยิ่งอ่อน สามารถดึงเป็นเส้นได้ง่าย และมีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด ประมาณ  $350 - 1,100 \text{ N} / \text{mm}^2$  และยังทนต่อกรดต่างๆได้เกือบทุกชนิด อีกทั้งยังทนต่อความร้อน นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าและความร้อนสามารถนำไปใช้ทำเป็นโลหะที่ต้องการความแข็งแรง ใช้ทำเครื่องมือแพทย์ทำฟัน หลอดควิทู ซึ้นส่วนยานอวกาศ ซึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์เครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆ เช่น กังหัน ลูกรีด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(13) ไทเทเนียม มีความหนาแน่น 4.5 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 1,700 องศาเซลเซียส มีสีขาวเหมือนเงิน มีความเค้นแรงดิ่งเท่ากับเหล็กกล้าถึงแม้ว่าจะมีอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส และยังทนต่อการกัดกร่อนได้ดี สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุผสมทำให้โลหะมีความแข็ง เช่น เหล็กผสม อลูมิเนียมผสม จะมีความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง จึงใช้ทำกังหันไอน้ำ เป็นต้น

(14) พลวง มีความหนาแน่น 6.6 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 630 องศาเซลเซียส มีสีขาวเหมือนเงิน มีความแข็ง เปราะ ความแข็งของพลวงคู่ได้จากการตะไบโลหะผสมเหล็กและพลวง ซึ่งในขณะที่ตะไบจะมีประกายไฟเกิดขึ้น นอกจากนี้พลวงยังเป็นโลหะที่เพิ่มความแข็งให้กับหัวกระสุนปืนอีกด้วย

(15) แคดเมียม มีความหนาแน่น 8.6 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 320 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่ทนต่อการกัดกร่อน มีความแข็งและใช้เป็นโลหะผสม ทำให้จุดหลอมเหลวลดลง แคดเมียมสามารถนำไปใช้ชุบผิวเหล็กและอลูมิเนียม ผิวชุบแคดเมียมจะเป็นผิวด้าน นิยมใช้ชุบเครื่องมือวัดงานเครื่องมือกล ใช้เป็นส่วนผสมในโลหะทำแบตเตอรี่รถยนต์ และใช้เป็นแผ่นแบตเตอรี่

(16) บิสมีท มีความหนาแน่น 9.8 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 279 องศาเซลเซียส เป็นโลหะแข็งเหมือนพลวง จะมีสีค่อนข้างแดง มีความเปราะ เป็นวัสดุผสมที่ช่วยลดจุดหลอมเหลวให้ต่ำลง บิสมีทสามารถนำไปใช้ทำคอมสัทอนแสงไฟ พิวส์ไฟฟ้า เป็นต้น

(17) พรอท มีความหนาแน่น 13.6 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 39 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีสีขาว พรอทเป็นโลหะชนิดเดียวที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสูงมาก ไซของพรอทมีพิษมาก สามารถทำอันตรายแก่ผู้ที่สูดดมเข้าไป นอกจากนี้ พรอทยังรวมตัวกับโลหะได้เกือบทุกชนิด และพรอทจะกลายเป็นไอ ณ อุณหภูมิ 357 องศาเซลเซียส พรอทสามารถนำไปบรรจุลงในเทอร์โมมิเตอร์ ทำสวิทช์พรอท ถ้าเราบรรจุพรอทลงในหลอดไฟฟ้าจะมีผลให้แสงสีเขียวและอัลตราไวโอเล็ตซึ่งใช้ได้ทั้งเป็นไฟส่องสว่างและเป็นไฟวิทยาศาสตร์ฆ่าเชื้อโรคได้ด้วย

(18) เงิน มีความหนาแน่น 10.5 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 960 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีสีขาวผิวเป็นมัน มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด มีราคาแพง เงินสามารถนำไปใช้ทำหลอดในกลักฟิวส์และหน้าสัมผัสในงานไฟฟ้า เครื่องวัดด้วยแสงที่ต้องการความเที่ยงตรงของสเกล เช่น กล้องโทรทรรศน์ กล้องทีโอโคไลด์ (สำหรับวัดมุมระดับ ในงานก่อสร้าง) โลหะรูปพรรณ งานชุบเงิน เครื่องใช้ต่างๆ เป็นต้น

(19) ทอง มีความหนาแน่น 19.3 Kg / dm<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 1,063 องศาเซลเซียส ทองเป็นโลหะอ่อน ริดง่าย สามารถนำไฟฟ้าได้ดีรองจากเงินและทองแดง ทนต่อการกัดกร่อน ทนต่อไฟ ความบริสุทธิ์ของทองวัดเป็นกะรัต ทองบริสุทธิ์คือ ทอง 24 กะรัต ทองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำไปใช้เป็นโลหะรูปพรรณ ซึ่งต้องเป็นทองที่ผสมกับโลหะอื่นๆ เพื่อจะได้มีความแข็งแรง โลหะที่ผสมลงไปนั้น ได้แก่ เงิน นิกเกิล ทองแดง

(20) ทองคำขาว มีความหนาแน่น  $21.5 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุด

หลอมเหลว  $1,770$  องศาเซลเซียส ทองคำขาวเป็นโลหะที่มีราคาแพง และหนักที่สุดในบรรดาโลหะทั้งหลาย ทองคำขาวเป็นโลหะที่มีลักษณะมันวาวสีขาวไม่ขึ้นสนิม และนำไฟฟ้าได้ดี แม้ว่าจะเผาให้ร้อนก็ยังเป็นโลหะที่ไม่ยอมรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศทำให้ผิวไม่เกิดสนิม และยังสามารถดึงและรีดเป็นเส้นเล็กได้ ถ้ารีดเป็นแผ่นจะบางได้ถึงขนาด  $0.0025$  มิลลิเมตร และถ้าจะดึงเป็นเส้นลวดเล็ก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $0.015$  มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังทนต่อการกัดกร่อนอีกด้วย ทองคำขาวสามารถนำไปใช้ทำเครื่องประดับ เครื่องมือแพทย์ เบ้าหลอมที่ต้องทนต่ออุณหภูมิสูง และทนต่อการกัดกร่อนของบรรยากาศ นอกจากนั้นยังใช้ทำเป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิได้สูงถึง  $1,600$  องศาเซลเซียส

### 5. โลหะเบา ( Light Metals)

โลหะเบา หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า  $4 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  โดยทั่วไปได้แก่ อะลูมิเนียม แมกนีเซียม และเบริลเลียม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. อะลูมิเนียม มีความหนาแน่น  $2.7 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  มีจุดหลอมเหลว  $658$  องศาเซลเซียส อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่สำคัญและใช้งานมากที่สุดในจำพวกโลหะเบาด้วยกัน ทั้งนี้ก็เพราะอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติเด่นหลายประการคือ มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา และมีความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง ซึ่งความแข็งแรงดังกล่าวมีมากกว่าเหล็กกล้า มีความเหนียวมาก สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้ง่าย และมีจุดหลอมตัวต่ำหลอมได้ง่าย ค่าการนำไฟฟ้าเป็นร้อยละ  $62$  IACS (International Anneal Copper Standard) ซึ่งไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับเงินและทองซึ่งเป็นโลหะหนัก

แต่เนื่องจากอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบาจึงนิยมใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าในกรณีที่คิดถึงเรื่องน้ำหนักเบาเป็นเรื่องสำคัญ เป็นโลหะที่ไม่มีพิษต่อร่างกายและมีค่าการนำความร้อนสูง จึงใช้ทำภาชนะหุงต้มอาหาร เป็นโลหะที่ไม่เป็นแม่เหล็ก ไม่เกิดการสปาร์ก และถ้าเป็นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีดัชนีการสะท้อนแสงกลับสูงมาก ทนทานต่อการผุกร่อนแต่กลับไม่ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและด่างต่างๆ ไป อีกทั้งยังมีราคาไม่แพงหาซื้อได้ง่าย

อะลูมิเนียมสามารถนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เครื่องบิน จรวด และขีปนาวุธ ทำภาชนะหุงต้มอาหาร ฝาครอบอุปกรณ์ไฟฟ้า หลังการลดโดยสาร แผ่นสะท้อนแสงในการถ่ายภาพ งานสะท้อนแสงในคอมไพร์ไฟฟ้า ไฟหน้ารถยนต์ ลวดสายไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น

(2) แมกนีเซียม มีความหนาแน่น  $1.74 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $650$  องศาเซลเซียส แมกนีเซียมเป็นโลหะที่มีความสำคัญอีกชนิดหนึ่งและถูกนำมาใช้งานทางด้านการค้า เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะอื่นๆ คุณสมบัติที่เด่นที่สุดคือ เป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบา นอกจากนั้นยังมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติดังนี้คือ มีคุณสมบัติในการแปรรูปบนเครื่องจักรดีมากและมีความแข็งแรง ซึ่งความแข็งแรงนั้นจะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ ยิ่งบริสุทธิ์มากเท่าใด ความแข็งแรงก็ยิ่งลดลง

ด้วยเหตุนี้แมกนีเซียมเกือบทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้จึงอยู่ในรูปของแมกนีเซียมผสม แมกนีเซียมผสมสามารถแบ่งแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ แมกนีเซียมเหนียวผสม แมกนีเซียมหล่อผสม และแมกนีเซียมผสมดังกล่าวนี้ยังสามารถชุบแข็งได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของบรรยากาศได้ดี แต่จะสามารถถูกเป็นไฟได้โดยง่ายซึ่งในการดับไฟที่เกิดจากแมกนีเซียมนี้ จะต้องใช้ทรายดับห้ามใช้น้ำดับ เพราะจะไม่สามารถดับได้ โลหะแมกนีเซียมนี้เตรียมได้จากน้ำทะเลและแร่หินปูน โคลโคไมต์แมกนีเซียมผสมสามารถปาดผิวได้ง่าย และขึ้นรูปด้วยการ รีด ดึง ตี ได้โดยง่าย โดยสามารถทำเป็นแผ่น เส้น ท่อ นำไปใช้ทำดอกไม้ไฟ พลุ และใช้เป็นวัสดุผสม เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันในโลหะต่างๆ เช่น อะลูมิเนียมผสม ทองแดงผสม หรือเหล็กหล่อเหนียว เป็นต้น

อนึ่ง แมกนีเซียมผสมถ้าถูกน้ำจะเกิดการกัดกร่อน และในการประกอบชิ้นส่วนที่ทำจากแมกนีเซียมผสมและโลหะหนัก จะต้องทาจาระบี ทาสี หรือใช้พลาสติกหุ้มเป็นฉนวนเอาไว้ ไมเช่นนั้นจะเกิดไฟฟ้าต่างศักย์ ทำให้เกิดการกัดกร่อนได้ง่าย

(3) เบริลเลียม มีความหนาแน่น  $1.85 \text{ Kg / dm}^3$  จุดหลอมเหลว  $1,285$  องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีอัตราการยึดตัวน้อยมาก ถ้าใช้เป็นโลหะผสมจะทำให้โลหะผสมเหล่านั้นมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น และจงอย่าลืมว่าไอหรือฝุ่นของเบริลเลียมเป็นพิษต่อร่างกาย

เบริลเลียมสามารถนำไปใช้เป็นโลหะผสมทองแดง นอกจากนั้น ยังใช้กับงานที่ต้องการความแข็งแรงและทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

## 6. โลหะผสม (Alloy Metals)

โลหะที่ใช้งานด้านวิศวกรรมนั้น จำเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์ที่เหมาะสมกับงานในแต่ละด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติทางกล ก็จะต้องมีความสามารถที่จะต้องรับแรงต่างๆ ได้ แต่โดยปกติโลหะบริสุทธิ์ส่วนมากจะอ่อนและรับแรงต่างๆ ได้ไม่มาก เมื่อจะนำไปใช้งานก็ไม่เหมาะสม ฉะนั้นจำเป็นต้องเพิ่มความแข็งแรงให้กับโลหะเหล่านั้นโดยการผสมธาตุต่างๆ ลงไป แล้วเรียกโลหะใหม่นี้ว่า “โลหะผสม” ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

1 โลหะหนักผสม (Alloy Heavy Metals) เป็นการนำเอาโลหะหนักหลายๆชนิดมาผสมกันซึ่งได้แก่

(1) ทองเหลือง เป็นวัสดุผสมระหว่างทองแดงกับสังกะสี มีสีเหลืองและเป็นโลหะหนักผสมที่ใช้กันมาก โดยทั่วไปทองเหลืองจะมีทองแดงผสมอยู่ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50 แต่ถ้ามีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ 70 ขึ้นไปเราเรียกโลหะนี้ว่า ทองบัก (Tombak) แต่โดยทั่วไปทองเหลืองจะไม่ทนต่อการผุกร่อนทองเหลืองสามารถนำไปใช้ทำโลหะประดิษฐ์ต่างๆ ชิ้นส่วนเครื่องมือกลที่ต้องสวมอัดขณะร้อน ชิ้นส่วนนาฬิกา และตัวใบเครื่องกังหัน เป็นต้น

(2) ทองเหลืองหล่อ เป็นวัสดุผสมระหว่างทองแดง สังกะสี และดีบุก มีความแข็งแรงมากกว่าทองเหลืองทั่วๆ ไป ทั้งนี้เพราะดีบุกผสมจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับทองเหลืองหล่อ สำหรับสังกะสีนั้นจะระเหยไปทุกครั้งที่มีการหลอมละลาย จึงทำให้ปริมาณของโลหะผสมในทองเหลืองหล่อและคุณสมบัติเกิดการเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย ทองเหลืองหล่อสามารถนำไปใช้ทำท่อและข้อต่อต่างๆ ของเครื่องวัดที่ต้องการความแข็งแรงคงทนสูง

(3) ทองเหลืองพิเศษหรือทองเหลืองบัดกรี เป็นวัสดุผสมระหว่างทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส อะลูมิเนียม ดีบุก และเหล็ก แต่ถ้าต้องการเพิ่มคุณสมบัติพิเศษบางอย่าง จะต้องเพิ่มสังกะสีลงไปด้วย ทองเหลืองพิเศษนี้สามารถนำไปใช้ทำใบพัดเรือเดินทะเล อุปกรณ์ในงานเคมี และงานบัดกรีที่ต้องการความแข็งแรง

(4) เงินเยอรมัน เป็นวัสดุผสมระหว่างทองแดง สังกะสี และนิกเกิล ลักษณะโดยทั่วไปจะคล้ายโลหะเงิน แต่จริงๆ แล้วเป็นโลหะผสมของทองแดง ทำการผลิตครั้งแรกที่ประเทศเยอรมนี โลหะนี้สามารถดึงและขึ้นรูปเย็นได้ดี คุณสมบัติของเงินเยอรมันคือ ทนต่อการกัดกร่อน แต่ถ้าผสมตะกั่วลงไปอีกประมาณร้อยละ 2 จะทำให้กึ่งขึ้นรูปได้ง่ายเงินเยอรมันสามารถนำไปใช้ทำเครื่องโลหะรูปพรรณต่างๆ เครื่องมือมีคม เครื่องมือเขียนแบบ เครื่องมืองานประณีตต่างๆ เช่น ช้อน ส้อม และกรอบรูป เป็นต้น

(5) ทองแดงผสมนิกเกิล เป็นวัสดุผสมระหว่างทองแดงกับนิกเกิล โดยจะมีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ 40 – 50 ทองแดงผสมนิกเกิล สามารถนำไปใช้ทำลวดในเครื่องมือวัด อุณหภูมิที่มีอุณหภูมิสูง ลวดต้านทานไฟฟ้า และสตาร์ทเตอร์

(6) ตะกั่วผสม ประกอบด้วยตะกั่ว พลวง ดีบุก และทองแดง โลหะตะกั่วผสมจะมีความแข็งแรงสูงถ้าผสมกับพลวงในอัตราส่วนร้อยละ 5 – 25 ซึ่งจะทำให้ตะกั่วผสมสามารถรับแรงได้สูงขึ้นอีกด้วยตะกั่วผสมนี้สามารถนำไปใช้ทำแบร็งและใช้หล่อทำตัวพิมพ์ต่างๆ

(7) ดีบุกผสม ประกอบด้วย ดีบุก ตะกั่ว บิสมัท และแคดเมียม โลหะผสมดีบุกนี้จะมีส่วนผสมของดีบุกร้อยละ 12 – 90 นอกจากนั้นเป็นบิสมัท พลวง แคดเมียม และตะกั่ว โลหะผสมดีบุกมีคุณสมบัติความลื่นตัว ดีบุกผสมสามารถนำไปใช้ทำโลหะบัดกรี อุปกรณ์ในมิเตอร์วัดปริมาณน้ำ และมิเตอร์วัดไฟฟ้า

(8) สังกะสีผสม ประกอบด้วยสังกะสี อะลูมิเนียม แมงกานีส และทองแดง สังกะสีผสมมีความแข็งแรงสูงถ้าผ่านกรรมวิธีการหล่ออัด และมีผิวงานที่เรียบร้อย แต่ถ้าเป็นสังกะสีผสมที่ผ่านการรีดจะมีความแข็งแรงไม่มากนักจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ทำชิ้นส่วนที่ต้องรับแรง สังกะสีผสมสามารถนำไปใช้งานแทนทองเหลืองได้เป็นอย่างดี

(9) โลหะผสมนิกเกิล ประกอบด้วย นิกเกิลและทองแดง หรือนิกเกิลผสมเหล็ก เป็นโลหะผสมที่สำคัญ ประกอบด้วยนิกเกิลร้อยละ 70 ทองแดงร้อยละ 30 ทำให้มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนของกรดและทนต่อระดับอุณหภูมิสูงๆ ได้ดี สำหรับนิกเกิลผสมเหล็กจะให้แรงดึงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก คือ  $60 \text{ Kg} / \text{mm}^2$  แต่สัมประสิทธิ์การขยายตัวและการนำความร้อนน้อยมาก ถ้ามีส่วนผสมของนิกเกิลร้อยละ 25 ขึ้นไปจะขาดคุณสมบัติการเป็นแม่เหล็ก และเหล็กที่ผสมนิกเกิลร้อยละ 30 จะมีความต้านทานการกัดกร่อนสูงมาก โลหะผสมนิกเกิลสามารถนำไปใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้า ขดลวด ความต้านทาน แหวนลูกสูบเครื่องยนต์ และบรรทัดโลหะ

### 1. โลหะเบาผสม (Alloy Light Metals) ได้แก่

(1) อะลูมิเนียมผสม เป็นวัสดุผสมที่ประกอบด้วยอะลูมิเนียม แมกนีเซียม ทองแดง ซิลิกอน นิกเกิล และแมงกานีส โลหะอะลูมิเนียมผสมชนิดนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ชนิดหล่อ และชนิดรีด โดยปกติอะลูมิเนียมจะมีสีขาว ถ้าผ่านการหล่อจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าการรีด และจะนำความร้อนและไฟฟ้าได้ไม่ดีเท่าที่ควร

อะลูมิเนียมผสมสามารถนำไปใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบิน ชิ้นส่วนรถยนต์ และอุปกรณ์ชิ้นส่วนในงานอุตสาหกรรมเคมี

(2) แมกนีเซียมผสม เป็นวัสดุผสมที่ประกอบด้วย แมกนีเซียม อะลูมิเนียม และแมงกานีส แมกนีเซียมผสมจะมีน้ำหนักเบา แต่แข็งแรง ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับอะลูมิเนียมผสม แต่ตกแต่งขึ้นรูปได้ง่ายกว่า และสิ่งที่สำคัญควรระวังคือ เศษแมกนีเซียมผสมจะเกิดลุกไหม้ได้ง่าย และถ้าเกิดการลุกไหม้ไม่ควรใช้น้ำดับ โดยเด็ดขาด โดยทั่วไปแล้วแมกนีเซียมผสมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดหล่อ และชนิดรีด

แมกนีเซียมผสมสามารถนำไปใช้ทำถังน้ำมันเครื่องบิน ชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องจักร อุตสาหกรรมทำอาวุธ อุตสาหกรรมทำดอกไม้ไฟ งานตีขึ้นรูป และงานหล่อ

3. โลหะซินเตอร์ (Sinter Metals) หมายถึงโลหะที่ผลิตจากผงโลหะ หลายชนิดที่มีความละเอียดมากนำมาอัดขึ้นรูปและอบด้วยความร้อนสูง โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. นำโลหะผสมบดให้เป็นผงละเอียด
2. นำผงโลหะที่บดจนละเอียดแล้วอัดขึ้นรูปในแบบอัดตามลักษณะงานที่ต้องการ
3. ผงอัดที่อัดขึ้นรูปแล้ว ต้องนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 800 – 1,000 องศา

เซลเซียส ขณะอบต้องป้องกันการรวมตัวของออกซิเจน โดยใช้แก๊สเฉื่อยปกคลุม

4. จากนั้นนำไปตัดขึ้นรูปตามต้องการ และนำไปอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ

1,400 – 1,700 องศาเซลเซียส จะทำให้โลหะซินเตอร์มีความแข็งแรงยิ่งขึ้น

โลหะซินเตอร์เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตเรียบร้อยแล้ว จะมีคุณสมบัติทนความร้อนสูง มีความแข็งแรงและทนต่อการกัดกร่อน มีความเปราะแตกหักง่ายเนื่องจากมีรูพรุนจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทำเครื่องมือตัดที่มีความคมมากๆ ได้เป็นอย่างดี วัสดุคืบที่สามารถนำมาใช้ทำโลหะซินเตอร์ได้อย่างเหมาะสมนั้น ได้แก่ ผงทังสเตนคาร์ไบด์ ผงโคบอลต์ และผงไทเทเนียมคาร์ไบด์ เป็นต้น

### 2.7.3 พลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ ที่มีโมเลกุลหนักซึ่งประกอบด้วยหน่วยอินทรีย์เคมี (Organic chemical unit) ซ้ำกันหลาย ๆ หน่วย พลาสติกถูกนำไปทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ กันได้ด้วยการปั้น (mold) การตัดขึ้นรูป (forming) โดยใช้ความร้อน ความดัน หรือทั้งสองอย่างรวมกัน

ปัจจุบันมีพลาสติกประมาณ 40 ตระกูลใหญ่ ๆ แต่ละตระกูลยังแยกย่อยเป็นหมวดหมู่อีกหลายร้อยหลายพันชนิด โดยที่พลาสติกมีราคาพอสมควร มีน้ำหนักเบา ประกอบกับมีสมบัติดีเด่นบางประการทำให้พลาสติกมีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่น พลาสติกที่ใช้ทำเครื่องใช้ในครัวเรือน ซึ่งต้องการน้ำหนักเบา มีความคงทนและความสวยงามประกอบเข้าด้วยกัน ส่วนในงานวิศวกรรมพลาสติกก็มีบทบาทในด้านการทำฉนวนความร้อน แนวไฟฟ้า และในระยะหลัง ๆ นี้ พลาสติกสังเคราะห์พิเศษก็ถูกนำไปใช้แทนโลหะบ้างแล้ว

ในขั้นตอนนี้จะได้กล่าวถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนศัพท์อันเกี่ยวข้องกับพลาสติกเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้พลาสติกต่อไป

#### 2.7.3.1 โมโนเมอร์ และ โพลีเมอร์ (Monomers and polymers)

พลาสติกส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นสารที่เกิดโดยธรรมชาติ แต่เกิดจากการสังเคราะห์สารเคมีที่เป็นวัตถุดิบเรียกว่า โมโนเมอร์ โมโนเมอร์ตัวหนึ่งทำปฏิกิริยากับ โมโนเมอร์ตัวอื่น ๆ ประกอบกันเป็นลูกโซ่ เรียกว่า โพลีเมอร์ โมโนเมอร์ที่เป็นวัตถุดิบนี้มีอยู่หลายร้อยชนิดที่สามารถทำเป็นโพลีเมอร์ได้ ตัวอย่างโมโนเมอร์ตัวหนึ่ง ได้แก่ เอททีลีน (ethylene;  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ) เมื่อเรียงตัวกันเป็นโพลีเมอร์ เรียกว่า โพลีเอททีลีน (poly - ethylene) ทำนองเดียวกัน โพลี-สไตรีน (polystyrene) ก็เกิดจากโมโนเมอร์สไตรีน (styrene) และ โพลีโพรพิลีน (poly-propylene) ก็เกิดจากโมโนเมอร์โพรพิลีน (propylene) เป็นต้น

โพลีเมอร์ของพลาสติกประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนเป็นธาตุหลักจับตัวกับธาตุอื่น ๆ ปัจจุบันนักเคมีได้ใช้ธาตุเพียง 8 ธาตุจากร้อยกว่าธาตุที่มีอยู่ เพื่อจับกับคาร์บอนเป็นโพลีเมอร์ชนิดต่าง ๆ กว่าพันชนิด ธาตุเหล่านี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ซึ่งแสดงทั้งน้ำหนักอะตอมและความสามารถในการเกาะตัว (energy-bonding capacities) กล่าวคือ ชิดแต่ละชิดข้าง ๆ สัญลักษณ์ของธาตุและตัวแสดงถึง แขนที่สามารถยึดเกาะกับอะตอมของธาตุเดียวกันหรือธาตุอื่นได้อีก 1 ตัว เพื่อให้เป็นโมเลกุลที่มีเสถียรภาพ

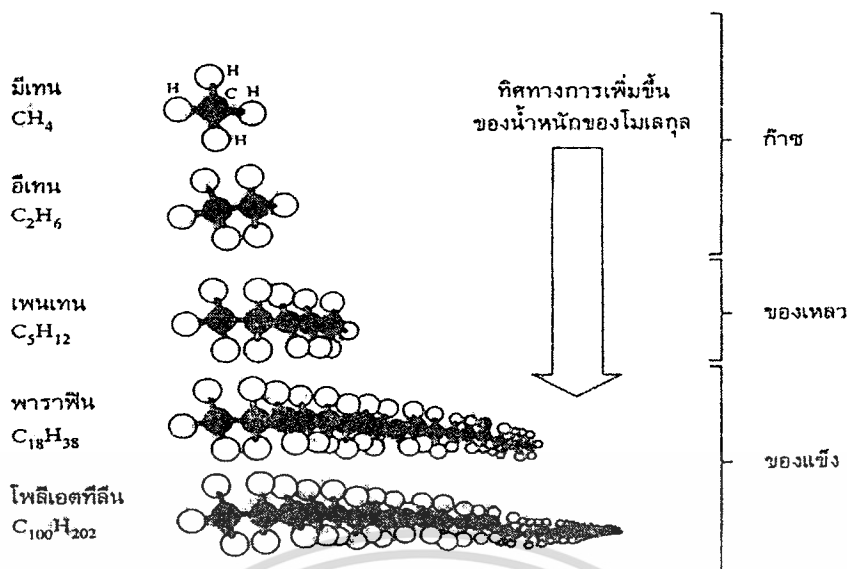
ตารางที่ 2.4 กลุ่มธาตุที่ใช้สังเคราะห์พลาสติกโพลีเมอร์

ธาตุ	น้ำหนักอะตอม	จำนวนแชนยีดเกาะ
ไฮโดรเจน (H)	1	H-
คาร์บอน (C)	12	- C -
ไนโตรเจน (N)	14	- N -
ออกซิเจน (O)	16	- O -
ฟลูออรีน (F)	19	- F
ซิลิคอน (Si)	28	- Si -
กำมะถัน (S)	32	- S -
คลอรีน (Cl)	35	- Cl

การรวมตัวของอะตอมเหล่านี้ก่อให้เกิดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นและมีโครงสร้างสลับซับซ้อน อย่างไรก็ตาม อะตอมแต่ละอะตอมจะรวมตัวกันได้หรือไม่นั้นก็ขึ้นอยู่กับพลังงานเกาะตัว (Energy bonds) และทุก ๆ อะตอมใน โมเลกุลที่มีเสถียรภาพจะต้องใช้พลังงานเกาะตัวจนหมด เช่น ไฮโดรเจนจับกับอะตอมอื่นได้เพียงตัวเดียว ในขณะที่คาร์บอนต้องจับกับอะตอมอื่น ๆ ถึง 4 ตัวจึงจะครบหนึ่งพลังงานเกาะตัว ดังนั้น การจับตัวระหว่างไฮโดรเจนกับไฮโดรเจนเป็น H - H และไฮโดรเจนกับฟลูออรีนเป็น H - F จึงเป็น โมเลกุลที่มีเสถียรภาพ ส่วนการจับตัวเป็น C - H และ Si - Cl เป็นโมเลกุลที่ไม่มีเสถียรภาพ

ขอยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่รู้จักกันคืออีกชนิดหนึ่ง คือ มีเทน (Methane;  $\text{CH}_4$ ) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของก๊าซธรรมชาติ คาร์บอนหนึ่งอะตอมจะจับกับไฮโดรเจนสี่อะตอม แต่ละอะตอมของไฮโดรเจนจะจับกับคาร์บอนหนึ่งอะตอม ดังนั้นพลังงานเกาะตัวจึงใช้ไปทั้งหมดและสารประกอบนี้จึงเป็นสารประกอบที่สมบูรณ์และมีเสถียรภาพ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับน้ำหนักรวมของอะตอมของธาตุที่ประกอบกันเป็นมีเทนคือ 16

หากเติมธาตุคาร์บอนให้กับมีเทนหลาย ๆ อะตอม แล้วเติมธาตุไฮโดรเจนให้ครบกับแชนยีดที่เหลือของคาร์บอน ก็จะได้โมเลกุลที่หนักขึ้น เช่น ได้ก๊าซอีเทน (ethane;  $\text{C}_2\text{H}_6$ ) ซึ่งจะหนักกว่ามีเทนเพราะมีธาตุคาร์บอนมากกว่า 1 อะตอม และธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม รวมแล้วก๊าซอีเทนจะมีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 30 โดยทำนองเดียวกันน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบกลุ่มนี้จะเพิ่มขึ้นเป็นอนุกรมพีชคณิตที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 14 (เป็นน้ำหนักของธาตุคาร์บอน 1 อะตอมและธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม) จนกระทั่งเป็นสารประกอบเพนเทน ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ; penthane) หากเพิ่มกลุ่ม  $\text{CH}_2$  เข้าไปอีกเรื่อยๆ จะทำให้สารประกอบใหม่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเมื่อเป็น  $\text{C}_{18}\text{H}_{28}$  สารประกอบที่เกิดขึ้นก็จะเป็ของแข็งที่ชื่อว่า พาราฟินหรือขี้ผึ้งพาราฟิน (paraffin wax)



ภาพที่ 2.27 การเติบโตของกลุ่ม  $\text{CH}_2$

### 2.7.3.2 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics)

ขณะที่โมเลกุลมีความยาวและน้ำหนักมากขึ้น ขี้ผึ้งพาราฟินที่กล่าวข้างต้นจะแข็งและหยุ่นมากขึ้น เช่น  $\text{C}_{101}\text{H}_{202}$  เป็นวัสดุที่หยุ่นพอจะเรียกเป็นพลาสติกได้  $\text{C}_{101}\text{H}_{202}$  นี้ก็คือโพลีเอททีลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด เมื่อเพิ่ม  $\text{CH}_2$  เข้าไปเรื่อย ๆ โมเลกุลของกลุ่มก็จะเพิ่มความแข็งแรงความหยุ่นขึ้นไปอีก โพลีเอททีลีนที่ความหยุ่นที่สุดประกอบด้วย  $\text{CH}_2$  เกือบห้าแสนกลุ่ม และมีชื่อว่า โพลีเอททีลีนชนิดน้ำหนักโมเลกุลมากพิเศษ (Ultrahigh-molecular-weight polyethylene)

ตารางที่ 2.5 การเติบโตของโมเลกุลโดยการเติมกลุ่ม CH

สูตรทางเคมี	ชื่อสามัญ	น้ำหนักโมเลกุล	สถานะ
$\text{CH}_4$	มีเทน (methane)	16	ก๊าซ
$\text{C}_2\text{H}_6$	อีเทน (ethane)	30	ก๊าซ
$\text{C}_3\text{H}_8$	โพรเทน (propane)	44	ก๊าซ
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	บิวเทน (butane)	58	ก๊าซ
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	เพนเทน (pentane)	72	ของเหลว
$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	คีโรซีน (kerosene)	240	ของเหลว
$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	พาราฟิน (paraffin)	254	ของแข็งอ่อน
$\text{C}_{50}\text{H}_{102}$	ขี้ผึ้งแข็ง (hard wax)	702	ของแข็งเปราะ
$\text{C}_{101}\text{H}_{202}$	โพลีเอททีลีน โมเลกุลต่ำ (LMW polyethylene)	1402	ของแข็งหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.5 แสดงการเติบโตของกลุ่มโพลีเมอร์โดยการเติม  $\text{CH}_2$  ทีละครั้ง ในความเป็นจริงการเพิ่ม  $\text{CH}_2$  เข้าไปแต่ละครั้งไม่ใช่เป็นของง่ายนัก เพราะ  $\text{CH}_2$  ไม่ปรากฏอยู่ในสภาพสมดุลตามธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องใช้สารประกอบอินทรีย์ที่เรียกว่า โมโนเมอร์แทน ตารางที่ 15.3 ได้แสดงกลุ่มของโมโนเมอร์ที่ใช้ในการผลิตเทอร์โมพลาสติกชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างโมโนเมอร์และหน่วยโพลีเมอร์

โมโนเมอร์	โพลีเมอร์
เอททีลีน $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	โพลีเอททีลีน $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
โพรพีลีน $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	โพลีโพรพีลีน $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$
ไวนิลคลอไรด์ $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$	โพลีไวนิลคลอไรด์ $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$
สไตรีน $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	โพลีสไตรีน $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
เตตระฟลูออโรเอททีลีน $\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$	โพลีเตตระฟลูออโรเอททีลีน $\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$
เมทิลอะครีเลต $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{COOCH}_3 \end{array}$	โพลีเมทิลอะครีเลต $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{COOCH}_3 \end{array}$

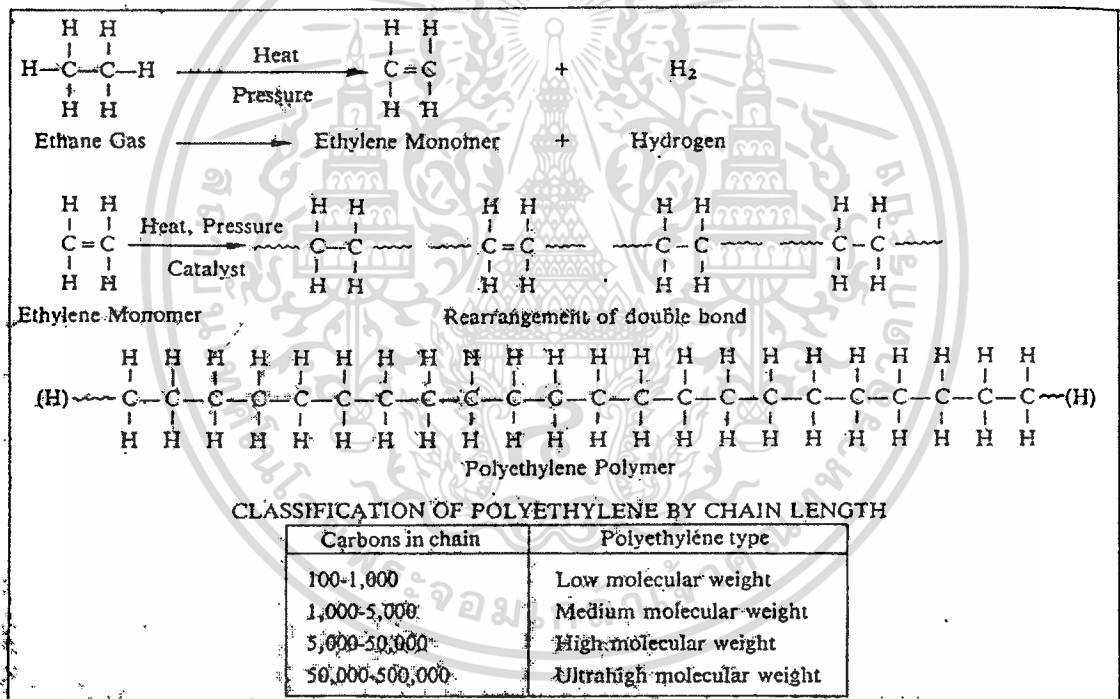
จากตารางที่ 2.6 จะเห็นว่าโครงสร้างโมโนเมอร์แตกต่างจากที่ได้กล่าวไว้ และที่ว่าธาตุคาร์บอนจะต้องประกอบด้วยอะตอมอื่น 4 อะตอม แต่ในตาราง ปรากฏว่าธาตุคาร์บอนขึ้นกันเองเป็นบอนด์คู่ (double bond) แทน ซึ่งถือเป็นข้อยกเว้นอันหนึ่ง ดังนั้นเอททีลีน โมโนเมอร์ ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ) จึงเกิดจากการขาดธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอมออกจากอีเทน ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ ) อิเล็กตรอนของคาร์บอนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เหลื่อจะจับกันเป็นบอนค้คู่ทำให้พลังงานตัวถูกใช้หมดไปตามกฎที่ได้กล่าวไว้แล้ว ดังนั้นเอตทีลีนโมโนเมอร์จึงเป็นโมเลกุลที่มีเสถียรภาพ

### 1. โพลีเมอร์ไรเซชัน (Polymerization)

เมื่อให้ความร้อนหรือความดันหรือทั้งสองอย่างแก่โมโนเมอร์หลายล้านโมเลกุลในรีแอกเตอร์ (Reactor) โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ด้วย บอนค้คู่ของโมโนเมอร์บางตัวจะแตกออกเป็นบอนค้เดี่ยวดังแสดงในรูปที่ 2.4.2.2 ตอน 2 บอนค้เดี่ยวเหล่านี้ร่วมกับบอนค้เดี่ยวของโมโนเมอร์ตัวอื่นๆ ก็จะต่อเป็นลูกโซ่ต่อ ๆ กัน ซึ่งจะไปถึงสุดเมื่อปลายบอนค้เป็นอะตอมของไฮโดรเจน ปฏิกิริยานี้เรียกว่า โพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization)

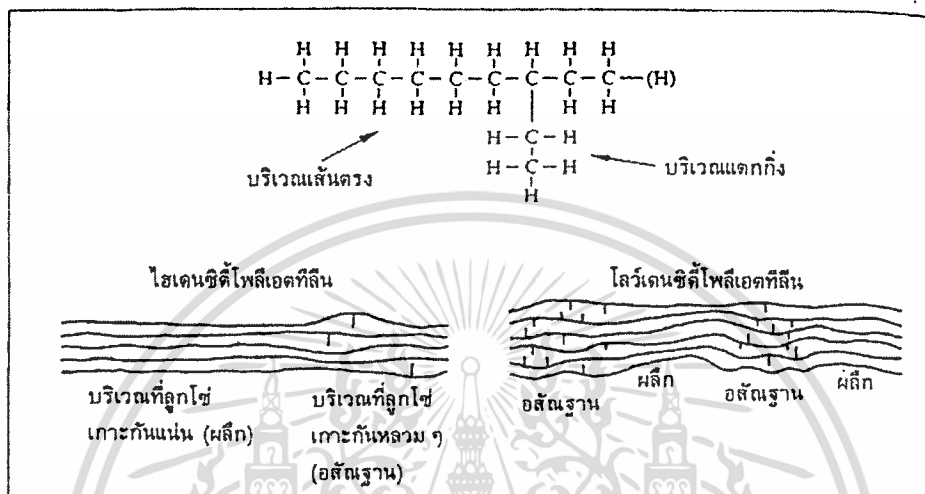
ตารางที่ 2.7 พลีเมอไรเซชันของโพลีเอตทีลีนจากอีเทนเป็นเอตทีลีนโมโนเมอร์แล้วเป็นโพลีเอตทีลีนโพลีเมอร์



ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันจะมีโพลีเมอร์เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันหลายล้านโมเลกุล จนกว่าโมโนเมอร์จะหมดไป นักเคมีสามารถจะกำหนดขนาดความยาวของโพลีเมอร์ได้โดยการควบคุมปริมาณธาตุไฮโดรเจนที่เหมาะสม ขนาด (หรือน้ำหนัก) ของโพลีเมอร์มีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของพลาสติกเมื่อขนาดของโพลีเมอร์โตขึ้นจะทำให้พลาสติกมีความหนาแน่น ความต้านทาน ความยืด การต้าน การแตกร้าว อุณหภูมิหลอมเหลว ความเหนียว และความยากในการผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามโพลิเมอร์ที่ผลิตขึ้นก็เชื่อว่าจะมีขนาดเท่ากันหมดเลยทีเดียว ในการผลิตครั้งหนึ่ง ๆ จะถือค่าเฉลี่ยของขนาด (น้ำหนัก) เมื่อปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันสิ้นสุดลงเป็นหลักในการกำหนดขนาดโพลิเมอร์แต่ละตัวจะรวมตัวกันคล้ายเส้นไหม กล่าวคือปลายของแต่ละตัวจะไม่ต่อกันเลย ดังแสดงในภาพที่ 2.28 โพลิเมอร์ที่เกิดในลักษณะนี้เรียกว่าเทอร์โมพลาสติก หรือพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยความร้อน



ภาพที่ 2.28 การขึ้นรูป (molding) โพลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก

พลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกนี้แม้จะไม่มี การเชื่อมต่อโพลิเมอร์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน ก็มีการดึงดูดกันอย่างอ่อน ๆ ด้วยแรงแวนเดอร์วาล (Van der Waal's force) แรงระหว่างโมเลกุลนี้ไวต่อความร้อนมาก กล่าวคือแรงดึงดูดจะลดลงเมื่อได้รับความร้อน และแรงนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังนั้นเมื่อเทอร์โมพลาสติกได้รับความร้อนก็จะทำให้โพลิเมอร์แต่ละตัวเคลื่อนออกจากกันได้ง่าย ทำให้หลอมหรือคัดขึ้นรูปเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่ายเช่นกัน เมื่อปล่อยให้เย็นลงแรงระหว่างโมเลกุลก็จะเพิ่มขึ้นและมีความแข็งแรงพอที่จะคงรูปจากการถูกคัดหรือหล่อไว้แล้วนั้นได้ ในลักษณะนี้การหล่อเทอร์โมพลาสติกจึงคล้ายการหล่อเทียน แต่ถ้าหากเทอร์โมพลาสติกได้รับความร้อนมากเกินไปจนกระทั่งลูกโซ่ของโมเลกุลแตกแยกออกจากกันก็จะทำให้สมบัติเปลี่ยนไปอย่างถาวรซึ่งมักจะไม่เป็นผลดี อนึ่งการที่เทอร์โมพลาสติกได้รับความดันมาก ๆ ก็จะทำให้โพลิเมอร์แต่ละตัวเคลื่อนออกจากกันได้เช่นกัน เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่าง แม้อุณหภูมิจะไม่สูงมากนัก

ความเข้มข้นของแรงระหว่างโมเลกุลจะแปรผกผันกับระยะทางระหว่างโพลิเมอร์ยกกำลังหก ดังนั้นหากระยะทางนี้ลดลงครึ่งหนึ่งก็จะทำให้แรงเพิ่มขึ้น 64 เท่า ด้วยเหตุนี้รูปร่างของลูกโซ่โพลิเมอร์จึงมีความสำคัญเท่า ๆ กับขนาดของโพลิเมอร์ ถ้าโพลิเมอร์มีรูปร่างสมมาตรกันก็จะ

สามารถอัดให้แน่นได้ และแรงระหว่างโมเลกุลก็จะมีมากเมื่อเทียบกับโพลีเมอร์ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน รูปที่ 2.4.2.4 เปรียบเทียบให้เห็นว่าโพลีเอททีลีน 2 ชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันเพราะมีความหนาแน่นต่างกัน โมเลกุลของโพลีเอททีลีนที่มีความหนาแน่นมากจะมีกิ่งก้านอยู่น้อยทำให้ลูกโซ่ของโพลีเอททีลีนแต่ละเส้นเข้าใกล้กันได้มาก จึงทำให้แรงระหว่างโมเลกุลมีมาก ขณะที่โพลีเอททีลีนที่มีความแน่นต่ำจะมีกิ่งก้านด้านข้างของลูกโซ่โพลีเอททีลีนมาก ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลลดลง

นอกจากผลที่กล่าวข้างต้น เมื่อ โมเลกุลอัดกันแน่นมากขึ้นความเป็นผลึกก็จะมีมากขึ้นตามไปด้วย บริเวณที่เป็นผลึกนี้จะเหนียวแข็งแรง ชืดหยุ่น และรับการกระแทกได้มากกว่าบริเวณที่ไม่เป็นผลึก



ภาพที่ 2.29 แสดงผลของการอัดตัวที่มีต่อโครงสร้างของโพลีเอททีลีนชนิดเส้นตรง (linear) และชนิดแตกกิ่ง (Branched)

### 2.7.3.3 โคโพลิเมอร์ (co-polymers)

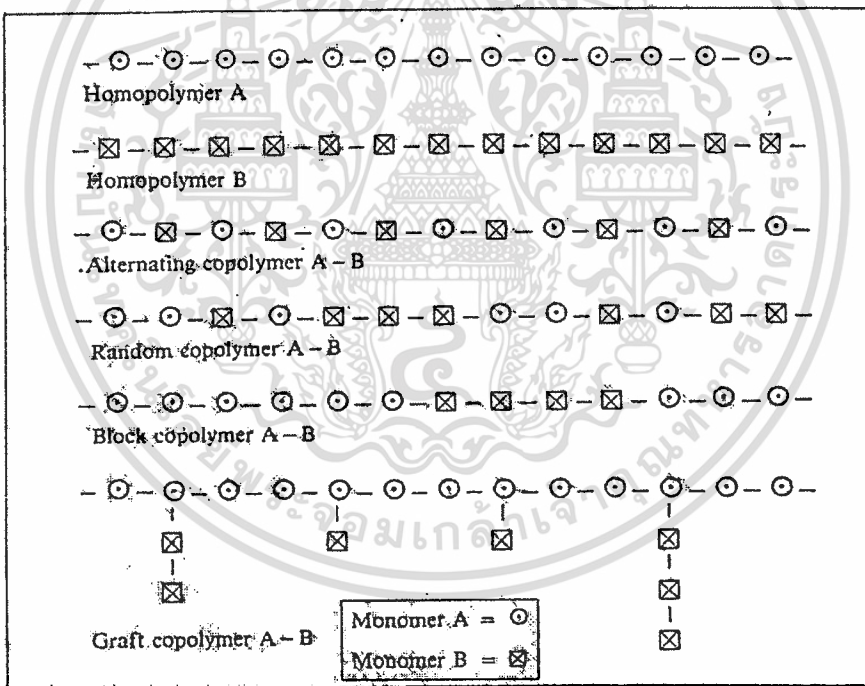
การสร้างกลุ่มโพลิเมอร์ที่ได้กล่าวไว้แล้วเป็นการสร้างจาก โมโนเมอร์ชนิดเดียวกัน ถ้าหากลูกโซ่ที่เกิดจากโมโนเมอร์ต่างกัน 2 ชนิดจะเรียกว่า โคโพลิเมอร์และเรียกปฏิกิริยานี้ว่า โคโพลิเมอไรเซชัน (Co-polymerization) หากเกิดจากโมโนเมอร์ 3 ชนิดต่างกันก็จะเรียกว่า เทอร์โพลิเมอร์ (terpolymers) ทั้งหมดนี้ยังถือว่าเป็นโพลิเมอร์ไม่ว่าจะมีโมโนเมอร์กี่ตัวก็ตาม อนึ่ง สำหรับโพลิเมอร์ที่มาจากโมโนเมอร์ตัวเดียวอาจจะเรียกว่า โฮโมโพลิเมอร์ (homopolymer) ก็ได้

คุณสมบัติของโคโพลิเมอร์จะขึ้นกับสัดส่วนและลักษณะการเรียงตัวของโมโนเมอร์ทั้งสองที่มารวมกัน รูปที่ 2.29 แสดงการจัดโคโพลิเมอร์แบบต่าง ๆ จากโมโนเมอร์ A และโมโนเมอร์ B การเรียงตัวอาจเป็นแบบ โมโนเมอร์ A สลับกับโมโนเมอร์ B ในลักษณะที่สมมาตรกัน ทำให้โคโพลิเมอร์แต่ละเส้นอัดแน่นกันได้ เป็นผลให้มีความหนาแน่นมากขึ้น การเรียงตัวของโมโนเมอร์ A กับโมโนเมอร์ B อาจจะเป็นแบบไม่เป็นระเบียบ ทำให้โคโพลิเมอร์แต่ละเส้นอัดตัวกันแน่นบ้างไม่แน่นบ้าง ไม่แน่นอน จึงมีทั้งส่วนที่มีลักษณะเป็นผลึกและอสัณฐานรวมกัน ลักษณะ

แบบนี้ทำให้โคโพลิเมอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติรวมคือ มีความแข็งแรงสูงพร้อมกับสามารถต้านแรงกระทบสูงด้วย

การเรียงตัวแบบกราฟโคโพลิเมอร์ (Block co-polymer) เป็นการเรียงตัวของกลุ่มโพลิเมอร์ของโมโนเมอร์ A กับกลุ่มโพลิเมอร์ของโมโนเมอร์ B สลับกัน สมบัติต่าง ๆ จึงคล้ายกับแบบที่โมโนเมอร์ A กับโมโนเมอร์ B สลับกันข้างต้น เพียงแต่มีบริเวณที่แสดงสมบัติเฉพาะของโมโนเมอร์ A หรือโมโนเมอร์ B มากขึ้น

การเรียงตัวแบบกราฟโคโพลิเมอร์ (graft copolymers) เป็นการเรียงตัวของโมโนเมอร์ A แล้วมีโมโนเมอร์ B แดกกิ่งออกไป โคโพลิเมอร์ที่มีโพลิเมอร์ที่ยึดหยุ่นเป็นเส้นโพลิเมอร์ของ A เป็นหลักโดยมีเส้น B เป็นกิ่งโพลิเมอร์ที่เหนียวและจะช่วยให้โคโพลิเมอร์นี้มีสมบัติต้านแรงกระแทกดีมาก ดังนั้น กราฟโคโพลิเมอร์จึงมีคุณสมบัติรวมกันคือมีทั้งความเหนียวและหยุ่น (Flexible and stiff) รวมกัน โคโพลิเมอร์ทุกชนิดมักจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันเล็กน้อยจากโฮโมโพลิเมอร์ที่ทำจากแต่ละโมโนเมอร์



ภาพที่ 2.30 การจัดเรียงตัวของ โคโพลิเมอร์ 6 ชนิด

เทอร์โมพลาสติกอาจจะถูกปรับแต่งคุณสมบัติได้อีกโดยการเสริม เช่น เสริมเส้นใย (Fiber) ช่วยเพิ่มความแข็งแรง เสริมพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) ช่วยเพิ่มฟลักซิบิลิตี (Flexibility) เพิ่มสารหล่อลื่นช่วยให้หล่อง่าย เพิ่มสารต้านออกซิเดชันเพื่อให้อายุการใช้งาน หรือเพิ่มสารป้องกันการติดไฟ เป็นต้น ปริมาณของสารเติมแต่ละชนิดอาจจะแปรเปลี่ยนไปได้ตามลักษณะการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

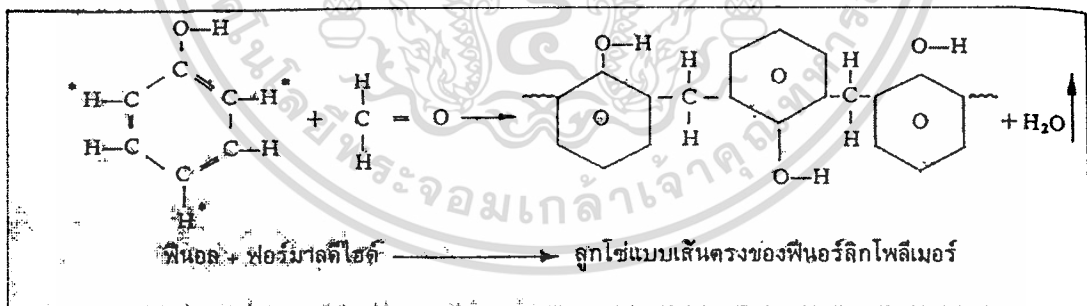
ตัวอย่างของสารพวกเทอร์โมพลาสติก ได้แก่ ขวดพลาสติกจากโพลีเอททีลีน เกียร์ในรถยนต์  
ด้วยโฟม และงานเสียงที่ทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl- chloride)

#### 2.7.3.4 เทอร์โมเซตพลาสติก (Thermoset plastics)

พลาสติกกลุ่มเทอร์โมเซตมีกรรมวิธีแตกต่างจากเทอร์โมพลาสติกมาก ปฏิกิริยาโพลี  
เมอไรเซชันของพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตจะมี 2 ตอน ตอนหนึ่งจะทำโดยผู้ผลิต อีกตอนหนึ่งจะทำ  
โดยผู้ใช้

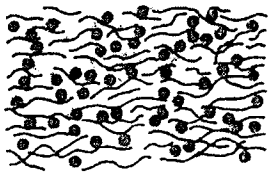
ในภาพที่ 2.30 ฟีนอลิก (Phenolic) ซึ่งเป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตชนิดหนึ่ง  
เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันบางส่วนโดยให้ฟีนอล (Phenol) ทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์  
(formaldehyde) ภายใต้ความร้อนและความดันระดับหนึ่ง แล้วหยุดปฏิกิริยาเมื่อได้ลูกโซ่ที่เป็น  
เส้นตรงเกือบทั้งหมด ลูกโซ่ที่เป็นเส้นตรงนี้ยังมีบางส่วนของที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา ลูกโซ่ส่วนนี้พร้อม  
จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้อีกเมื่อได้รับความร้อนและความดันใหม่

เมื่อต้องการนำเทอร์โมเซตที่ทำปฏิกิริยาบางส่วนแล้วนี้มาหล่อหรือขึ้นรูป ก็ให้ความร้อน  
และความดันกับเทอร์โมเซตนี้ใหม่ ปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันก็จะดำเนินต่อไปทำให้เกิดการ  
เชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลของแต่ละเส้น ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก  
กับพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตก็คือ โมโนเมอร์ในเทอร์โมพลาสติกจะเกิดปฏิกิริยาเฉพาะที่ปลายของ  
ลูกโซ่เท่านั้น (เป็น linear reaction) ส่วน โมโนเมอร์ในเทอร์โมเซตจะมีปลายลูกโซ่ที่ยังคงปลายที่ทำ  
ปฏิกิริยาได้ (reactive ends) อย่างน้อย 3 ปลาย ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาในลักษณะสามมิติไว้ด้วยกัน  
ไปมาหรือครอสลิงค์ (cross link) ได้

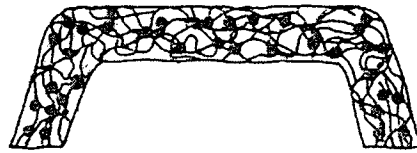


ภาพที่ 2.31 ปฏิกิริยาคอนเดนเซชันโพลีเมอไรเซชันของฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์

พวกเทอร์โมเซตคงรูป (rigid thermosets) จะมีลูกโซ่สั้นแต่มีครอสลิงค์มาก สำหรับเทอร์  
โมเซตชนิดฟลักซิเบิล (flexible thermosets) จะมีลูกโซ่ยาว และครอสลิงค์น้อยกว่า



โครงสร้างก่อนการปั้น



โครงสร้างหลังการปั้น

### ภาพที่ 2.32 การปั้นพลาสติกชนิดเทอร์โมเซต

หลังจากการปั้นหล่อหรือตัดขึ้นรูปดังแสดงในภาพที่ 2.38 พลาสติกชนิดเทอร์โมเซตจะมีโมเลกุลของโพลีเมอร์สานติดกันด้วยบอนด์ที่แข็งแรงและคงรูป และไม่อาจจะคายคืนรูปได้แม้จะถูกร้อน ในทางทฤษฎีแล้วอาจจะถือได้ว่าเทอร์โมเซตเป็น โมเลกุลยักษ์โมเลกุลเดี่ยวเลยก็ได้ อย่างไรก็ตามหากเทอร์โมเซตได้รับความร้อนสูงเกินไปหรือนานเกินไป ลูกโซ่ดังกล่าวอาจจะแตกหรือขาดจากกันได้ การเสื่อมคุณภาพก็จะเกิดขึ้น

ปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันที่แสดงในรูปที่ 2.32 เป็นปฏิกิริยาชนิดคอนเดนเซชัน (condensation reaction) ซึ่งจะมีผลพลอยได้ (by-product) เช่น น้ำ เกิดขึ้นในระหว่างเกิดปฏิกิริยาด้วย ปฏิกิริยาชนิดนี้มักจะทำให้เกิดปัญหาหระหว่างผลิตได้ กล่าวคืออาจจะทำให้พลาสติกมีรูพรุนเป็นเหตุให้มีความแข็งแรงต่ำและขนาดไม่คงรูป เทอร์โมเซตกลุ่มนี้ได้แก่ ฟีนอลิก (phenolic) ยูเรีย (urea) และเมลามีน (melamine) เป็นต้น

ปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันอีกแบบหนึ่งเป็นปฏิกิริยาชนิดรวมตัว (Addition reaction) ซึ่งเป็นการรวมตัวของโมโนเมอร์โดยตรง ไม่มีผลพลอยได้ของปฏิกิริยา เทอร์โมเซตกลุ่มนี้มักจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อจะผลิตก็นำพลาสติกเหลวทั้ง 2 ชนิดมารวมกัน โดยตรงแล้วเทลงแบบก็จะเป็นรูปร่างที่คงรูปได้ที่อุณหภูมิห้องคล้ายกับการหล่อคอนกรีต อย่างไรก็ตามหากมีความร้อนช่วยบ้างปฏิกิริยา ก็จะเสร็จสมบูรณ์ได้เร็วขึ้น

โดยทั่วไปพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตจะทนความร้อนและคงรูปได้ดีกว่าพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก ตัวอย่างการนำพลาสติกเทอร์โมเซตไปใช้งาน เช่น พวกฟีนอลิกทำสวิตช์ไฟฟ้า พวกเมลามีนทำเครื่องถ้วยชาม พวกโพลีเอสเตอร์ไฟเบอร์กลาสทำโครงเรือ และพวกอีพอกซีทำแผ่นวงจรในงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

#### คุณลักษณะและการเลือกใช้พลาสติกชนิดต่าง ๆ

ดังได้กล่าวแล้วว่า มีพลาสติกมากมายหลายชนิดให้เลือกใช้ ทั้งยังมีพลาสติกใหม่ ๆ ออกมาสู่ท้องตลาดอยู่เสมอ ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะและสมบัติโดยทั่ว ๆ ไป ของพลาสติกจะช่วยให้การตัดสินใจเลือกใช้พลาสติกได้เหมาะสมขึ้น

พลาสติกเกือบทุกชนิดจะด้านการนำไฟฟ้าได้ดี ด้วยเหตุดังกล่าวจึงนิยมทำพลาสติกมาใช้ ทำฉนวนไฟฟ้ามากเพราะผลิตง่าย นอกจากนี้พลาสติกส่วนใหญ่ยังเป็นสารทนความร้อน (ระดับต่ำ) จึงถูกนำไปทำฉนวนความร้อนด้วย ในด้านความสวยงามพลาสติกถูกปรุงแต่งให้มีสีต่าง ๆ ได้ทั้งแบบทึบแสงและแบบสีโปร่งใส

คุณลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งของพลาสติกก็คือ มีผิวเรียบ โดยไม่จำเป็นต้องมีการขัดแต่งเป็นกรณีพิเศษแต่อย่างใด ประการสุดท้ายชิ้นงานที่ทำโดยพลาสติกมักจะมีขั้นตอนการผลิตง่าย ๆ ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูป และในบางครั้งอาจจะมีเพียงขั้นตอนเดียวเท่านั้น

แม้ว่าพลาสติกจะมีข้อดีหลาย ๆ ข้อที่ได้กล่าวไว้แล้ว ก็เชื่อว่าพลาสติกจะไม่มีข้อเสียเลย ข้อด้อยของพลาสติกก็คือ สมบัติทางกล โดยเฉพาะด้านกำลังวัสดุและการคงรูปมักจะมีข้อเสียไม่ได้ ในกรณีดังกล่าวอาจจะมีการปรุงแต่ง โดยการใช้วัสดุเสริม (filler) หรือเสริมวัสดุ (reinforcement) ได้กล่าวโดยสรุปจะเห็นว่าพลาสติกเหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก ใช้ทำฉนวนไฟฟ้า ทำฉนวนความร้อน (พวกโฟม) ใช้ในงานประดับ พกบรรจุหีบห่อ ตู้วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ฯลฯ ในการเลือกใช้พลาสติกจึงจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์ประกอบร่วมกับความรู้ใหม่ ๆ อยู่เสมอ วิธีหนึ่งที่พอจะช่วยให้การตัดสินใจเลือกใช้พลาสติกได้ดีก็คือ ศึกษาจากตัวอย่างของการใช้ นำพลาสติกไปใช้ในงานที่คล้ายคลึงกันว่าเป็นพลาสติกชนิดและประสบผลสำเร็จมากน้อยอย่างไร ตารางแสดงตัวอย่างการนำพลาสติกชนิดต่าง ๆ ไปใช้งาน ส่วน

## 2.8 สัดส่วนของมนุษย์กับการออกแบบ

ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเรื่องสัดส่วนของมนุษย์นั้น ได้มีการศึกษามานานแล้ว ก่อน ค.ศ. 3000 จากหลักฐานการค้นพบจากสุสานในพีระมิดของเมมฟิส (Memphis) จากนั้นได้มีการนักวิทยาศาสตร์และนักศิลปะศาสตร์ทำการศึกษาในเรื่องนี้เรื่อยมา

การเรียนรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเรื่องสัดส่วนของมนุษย์ ได้ทำการศึกษาจากซากศพของมเหสีฟาโรห์ ซึ่งอยู่ในยุค Ptolomaic ของกรีกและโรมัน และเป็นที่ยอมรับในมาตรฐานเรื่องสัดส่วนของมนุษย์ในเวลานั้น โดยการสอนของ Alberti, Leonarde ad Vinci, micchelanlangelo และคนอื่น ๆ โดยเฉพาะ Diirer เป็นคนสำคัญในการวางรากฐานการศึกษาเรื่องนี้ได้จัดระบบการวัดสัดส่วนของมนุษย์ เช่น ความยาวของศีรษะ หน้า เท้า และแบ่งส่วนย่อยรายละเอียดอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันของแต่ละส่วน ซึ่งกลายเป็นมาตรฐานที่ใช้กันในทุกวันนี้ ในสมัยใหม่ยอมรับระบบการจัดเป็นฟุตและหลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวัดสัดส่วนของมนุษย์ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย. 2533)

Diirer ได้ค้นพบวิธีการวัดสัดส่วนของมนุษย์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับและเห็นพ้องต้องกันทั่วไป โดยเข้าเริ่มวัดความสูงของร่างกายมนุษย์และกำหนดส่วนย่อยไว้ดังต่อไปนี้

1/2 ของความสูงทั้งหมด = ครึ่งหนึ่งของร่างกายวัดจากต้นขาหรือขาหนีบ ขึ้นไปถึงศีรษะส่วนบน

1/4 ของความสูงทั้งหมด = ความยาวของขาวัดจากข้อเท้าถึงหัวเข่าและจากปลายคางถึงสะดือ

1/6 ความสูงทั้งหมด = ความยาวของเท้า

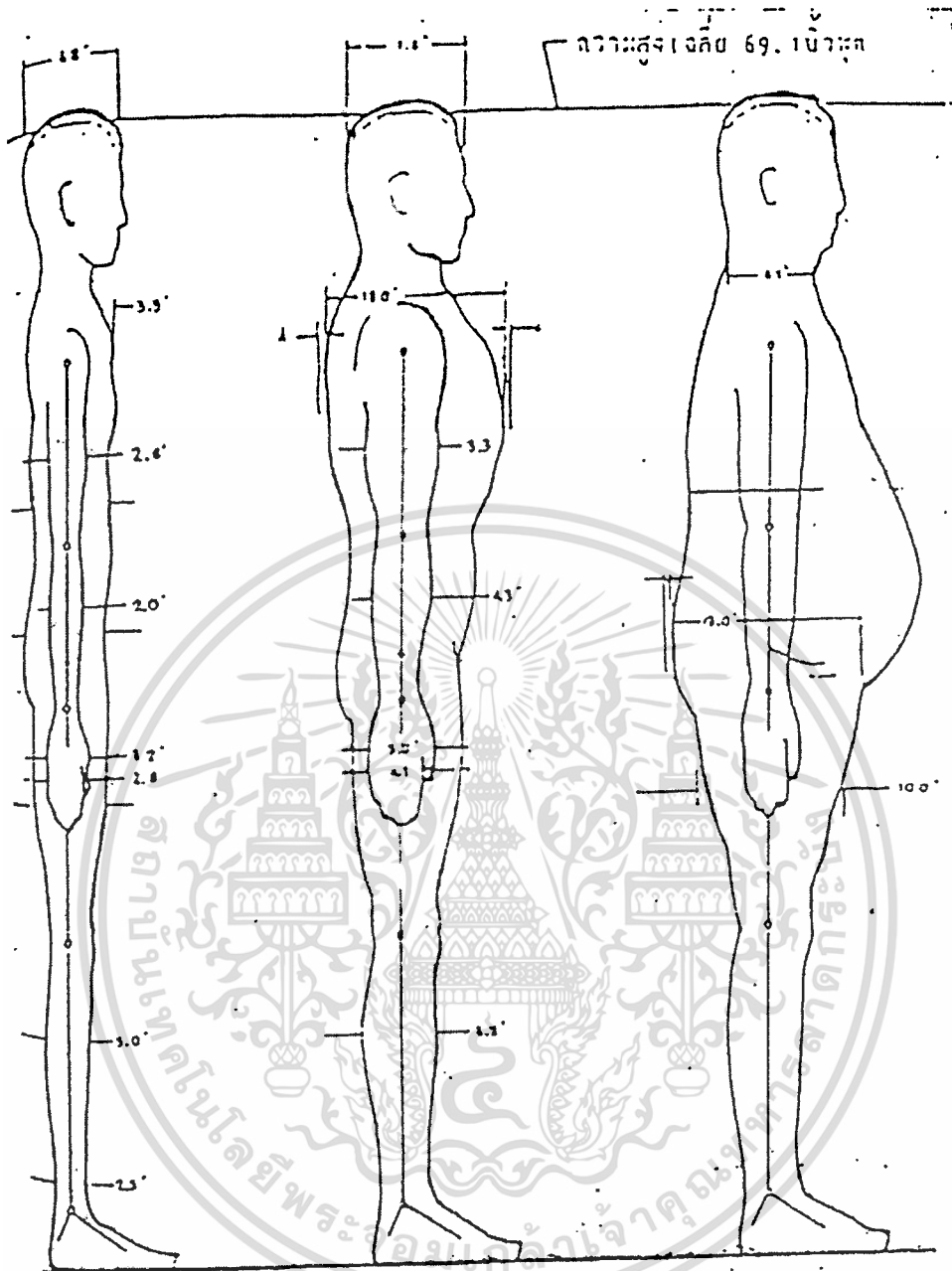
1/8 ของความสูงทั้งหมด = ความสูงของศีรษะส่วนบนถึงปลายคางและคางหรือราวนม

1/10 ของความสูงทั้งหมด = ความสูงและความกว้างของใบหน้าถึงหูและด้วยความยาวของมือถือข้อมือ

1/12 ของความสูงทั้งหมด = ความกว้างของใบหน้าวัดจากปลายจมูกส่วนล่างสุดและในแบ่งสัดส่วนของมนุษย์นั้นแบ่งเป็นส่วนย่อยได้ 1/40 ของความสูงทั้งหมดของร่างกาย

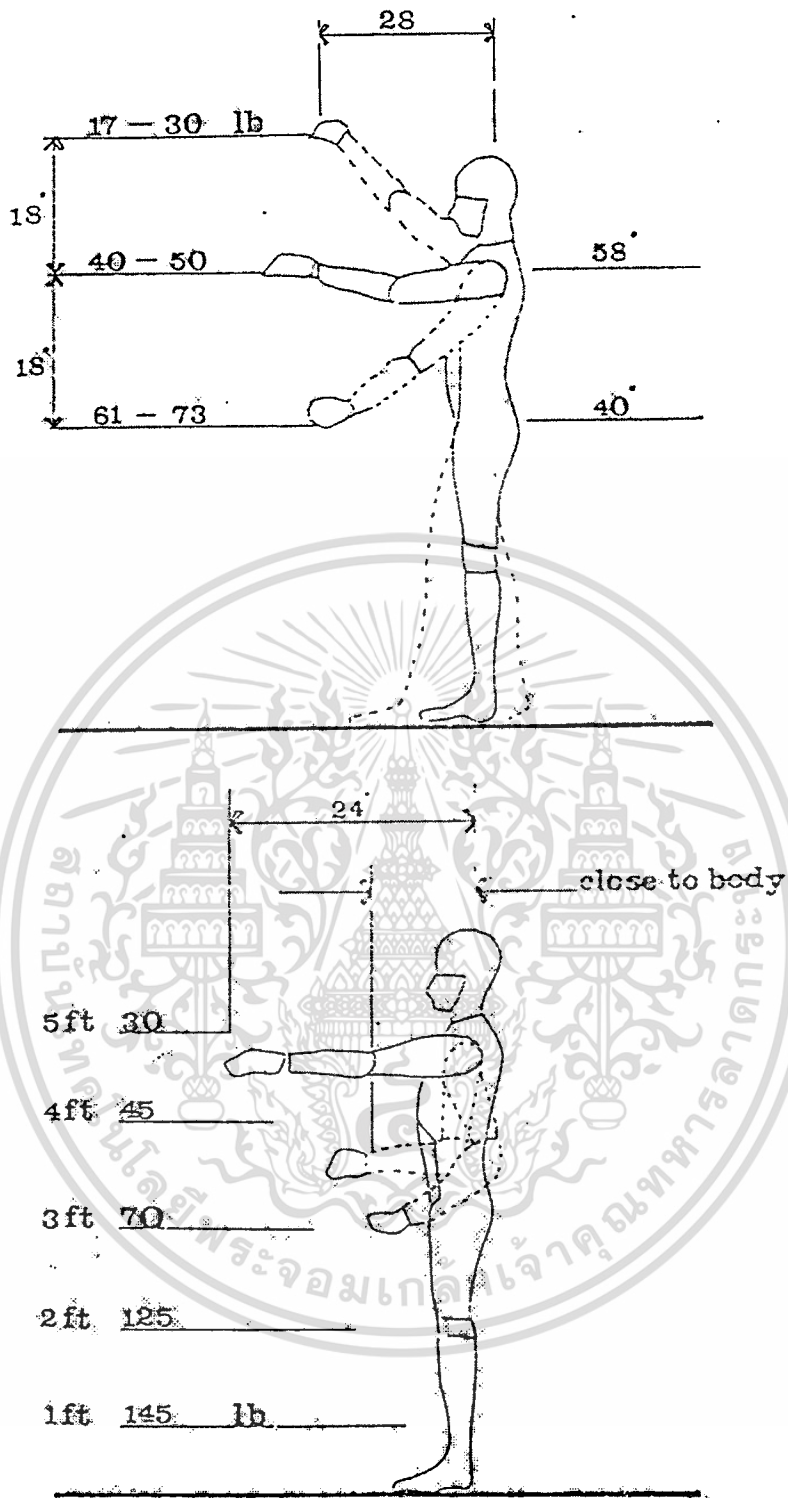
ขนาดสัดส่วนผู้ใช้

สัดส่วนของมนุษย์ แบ่งออกเป็นลักษณะรูปทรงใหญ่ 2 ประเภท คือ รูปร่างผอม รูปร่างปานกลาง รูปร่างอ้วน โดยใช้ข้อมูลสถิติเฉลี่ยขนาดของรูปร่างทั้ง 3 เฉลี่ยปรากฏดังนี้



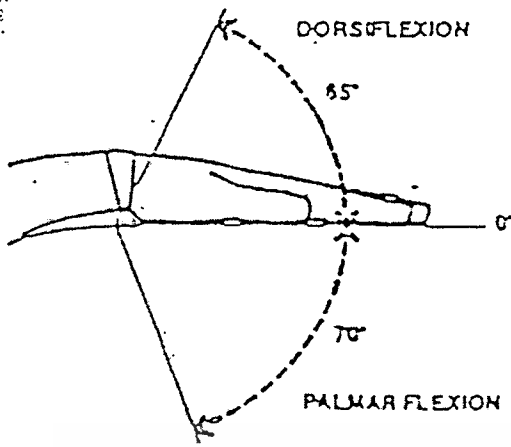
ภาพที่ 2.33 แสดงขนาดสัดส่วนของผู้ชาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

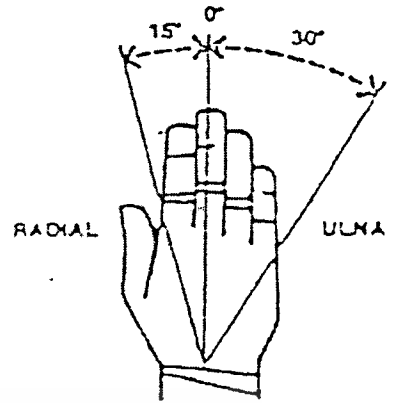


ภาพที่ 2.34 แสดงกำลังขณะขึ้นและแรงขณะยก

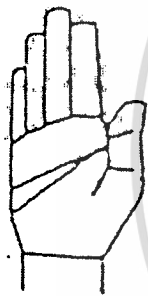
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLEXION AND EXTENSION



DEVIATION



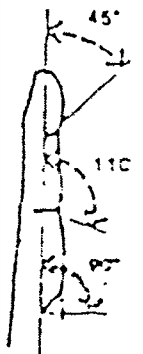
NEUTRAL



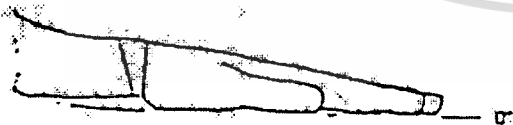
ABDUCTION



OPPOSITION



FLEXION



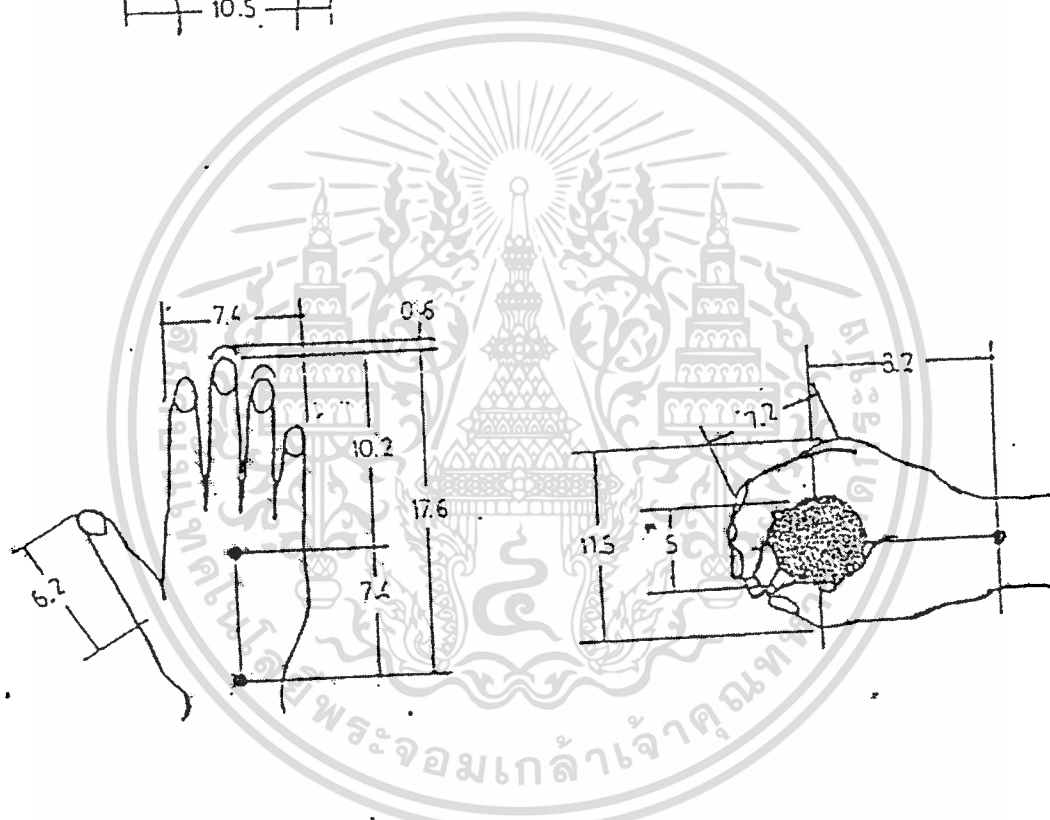
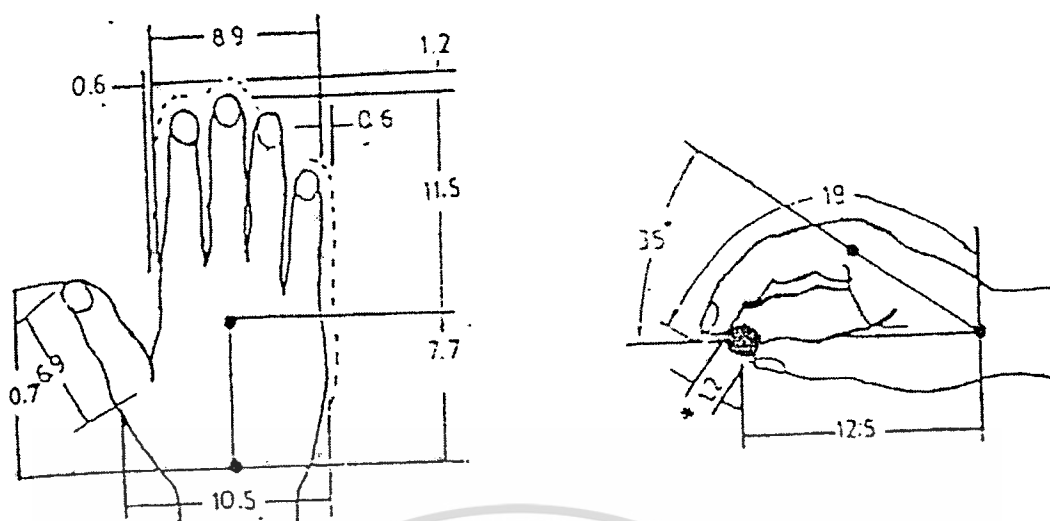
NEUTRAL



HYPEREXTENSION

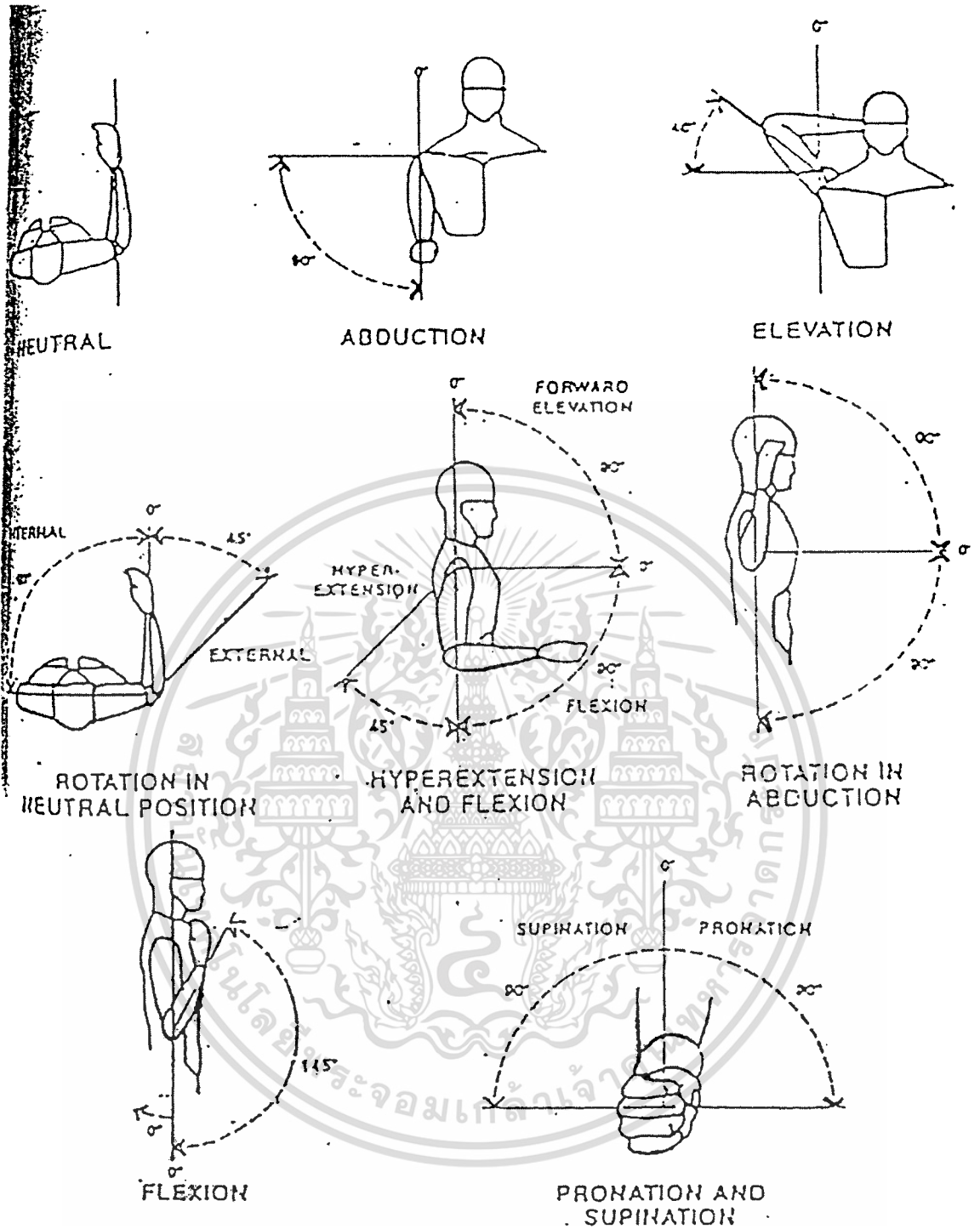
ภาพที่ 2.35 แสดงการเคลื่อนไหวของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.36 แสดงขนาดสัดส่วนของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.37 แสดงลักษณะสำคัญของมุมการพับงอของแขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับขนาดสัดส่วนและความสามารถในการมองขนาดสัดส่วนของคนไทย

หมายเลข	มิติต่าง ๆ ของร่างกาย	อัตราส่วน	ความสูง ยื่นต่ำสุด	ความสูง ยื่นเฉลี่ย	ความสูง ยื่นสูงสุด
1	ความสูงยื่น	1.000	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับสายตา	0.933	133.36	146.63	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	0.827	122.64	132.81	143.29
4	ความสูงระดับมือ	0.437	64.80	70.18	75.71
5	ความสูงเอื้อมมือขึ้นบน	1.255	186.11	201.55	217.45
6	ความสูงนั่ง	0.523	77.56	83.99	90.62
7	ความสูงระดับสายตา	0.400	68.21	73.87	79.70
8	ความสูงจากระดับที่นั่งถึงระดับไหล่	0.351	52.49	56.85	61.33
9	ความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอก	0.143	21.20	22.96	24.77
10	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของขาอ่อน	0.182	12.16	13.16	14.20
11	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของเข่า	0.303	44.93	48.66	52.50
12	ความสูงจากพื้นถึงขาอ่อนตอนล่าง	0.218	32.32	35.01	37.77
13	ระยะหน้าท้องถึงเข่า	0.223	33.07	35.81	38.63
14	ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนบน	0.254	37.66	40.79	44.01
15	ระยะจากก้นถึงเข่า	0.329	48.79	52.83	57.00
16	ความยาวของขาเหยียดตรง	0.020	02.83	100.63	108.46
17	ความกว้างของที่นั่ง	0.226	33.91	30.29	39.15
18	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	0.491	72.81	73.85	85.07
19	ความกว้างกางแขน	10.22	151.56	161.13	177.08

### ความสามารถในการออกแรงของมนุษย์

จากการทดลองความแข็งแรงของมนุษย์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมได้ผลออกมาดังนี้

1. มนุษย์สามารถทำงานปกติได้ด้วยแรงประมาณ 75 วัตต์ (0.10 แรงม้า)
2. มนุษย์สามารถรวบรวมออกแรงทำงานได้สูงสุด 2 แรงม้า ภายในเวลา 10 วินาที
3. มนุษย์สามารถออกแรงทำงานได้ 750 วัตต์ ติดต่อกันได้เป็นเวลา 1 นาที

1. 1 วัตต์ = 0.1 แรงม้า ค่าเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ
2. ลักษณะและคุณสมบัติของผู้ใช้แรง เช่น ความแข็งแรง สภาพจิตใจ น้ำหนัก
3. สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความกดอากาศ
4. ลักษณะคุณสมบัติของสิ่งที่จะยก

โดยปกติทั่วไปมีการแบ่งสภาพการทำงานออกแรงของมนุษย์ได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

1. การยก
2. การดึง
3. การผลัก
4. การหมุน

สำหรับสภาพการทำงานของผู้ขนย้ายนั้นเป็นลักษณะที่ 1 คือ การออกแรงยกซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล กำลังแขนขณะยืนและกำลังแรงยก สามารถสรุปได้ดังนี้

1. กำลังแขนสูงสุดขณะยืนเท่ากับ 73 ปอนด์ ซึ่งมีอยู่สูงจากพื้น 40 นิ้ว
2. ที่ความสูง 40 นิ้ว (3 ฟุต 4 นิ้ว) กำลังแรงยกขึ้นจะอยู่ระหว่าง 45- 70 ปอนด์

การพิจารณาสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะต้องพิจารณาค่าต่ำสุด สูงสุด หรือค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมกับการใช้งานของงานออกแบบนั้น ๆ นั่นคือ มีการพิจารณาถึงมิติวิกฤตและมิติปรับปรุง มิติวิกฤต (Critical body dimension)

สัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่มีทั้งค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) และค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นการค่าต่าง ๆ ไปใช้ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ในแต่ละกรณีไม่เหมือนกัน เรียกว่า มิติวิกฤต การพิจารณาเลือกกำหนดมิติวิกฤตถือหลักว่า มิติวิกฤต การพิจารณาเลือกกำหนดมิติวิกฤตถือหลักว่า มิติวิกฤตที่เลือกจะต้องไปช่วยในงานออกแบบให้นำไปใช้ได้สะดวก สบายกับผู้ให้ทุกขนาด

มิติปรับปรุง (Adjusted body dimension) สัดส่วนต่าง ๆ ที่ได้มานั้น เป็นการวัดจากตัวอย่างที่ไม่สวมรองเท้า ในการนำตัวเลขไปให้จึงต้องปรับปรุงมิติเพื่อให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น สิ่งที่จะต้องพิจารณาประกอบมิติวิกฤตคือ

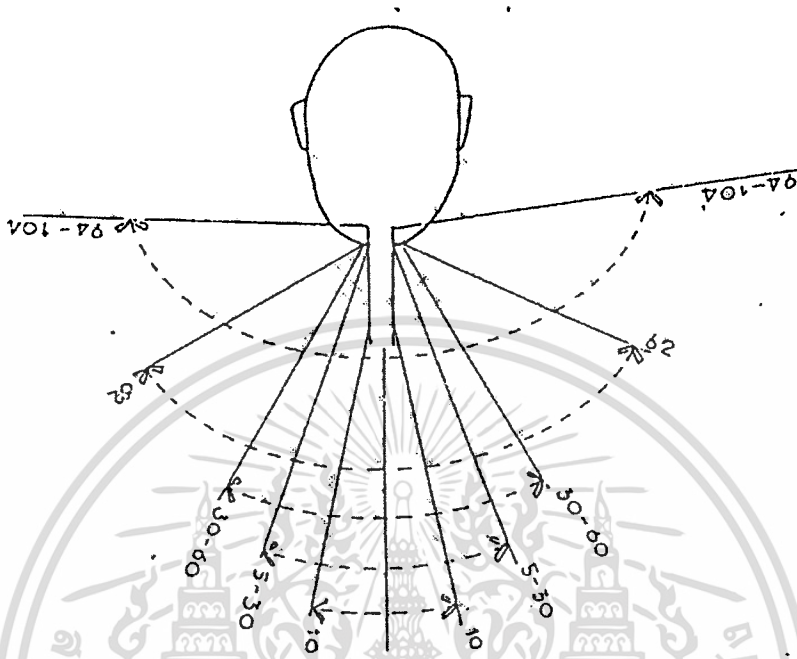
ภาพแสดง การศึกษาเกี่ยวกับมุมต่าง ๆ ในระนาบจากด้านข้าง

จากการศึกษามุมมองด้านข้าง สามารถสรุปตัวเลขต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการออกแบบปุ่มกดให้เหมาะสมต่อไป

มุมเงยสูงสุด	50
มุมมองที่ดีของสีมากที่สุด ขึ้นบน	30
มุมมองที่ดีของสีมากที่สุด ลงล่าง	40
มุมมองเหลือบตาขึ้นมากที่สุด	25
มุมมองเหลือบตาลงมากที่สุด	30
มุมสายตาปกติขณะยืน	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมสายตาศักดิ์ขณะนั่ง	15
มุมก้มสูงสุด	70



ภาพที่ 2.38 แสดงการศึกษาเกี่ยวกับมุมของต่างๆ ในระนาบจากด้านหลัง

จากการศึกษามุมมองจากด้านหลัง สามารถสรุปตัวเลขต่างๆ เพื่อเป็นพื้นฐาน และแนวทาง ในการออกแบบปุ่มกด ให้เหมาะสมต่อไป

มุมมองตัวหนังสือ	10 – 20
มุมมองสัญลักษณ์	5 – 30
มุมมองที่ดีที่สุดของสี	30 – 60
มุมมองกล้องที่ดีที่สุด	94 – 104
มุมมองกวาดสายตามากข้างหนึ่ง	62

### ข้อมูลเกี่ยวกับสรีระศาสตร์

#### 1. ขนาดสัดส่วนทางกายภาพของคนไทย

การพิจารณาถึงขนาดเฉลี่ยของมิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพื่อนำไปใช้งานนั้น มักจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้เสมอ เนื่องจากว่าขนาดเฉลี่ยเป็นเพียงแค่ตัวเลขแทนขนาดของคนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น จะมีก็แค่เพียงส่วนน้อยหรืออาจจะไม่มีเลยก็ได้ที่มีขนาดเท่ากับขนาดเฉลี่ยส่วนหนึ่งประมาณ 50% จะมีขนาดโตกว่าและส่วนหนึ่งประมาณ 50% จะมีขนาดเล็กกว่า Average Size ดังนั้นการออกแบบโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือแนวความคิดนี้ จะสนองผู้ใช้ได้ดีก็เพียงส่วนน้อย หรืออย่างมากที่สุดก็ไม่เกิน 50% ของจำนวนผู้ใช้ทั้งหมด

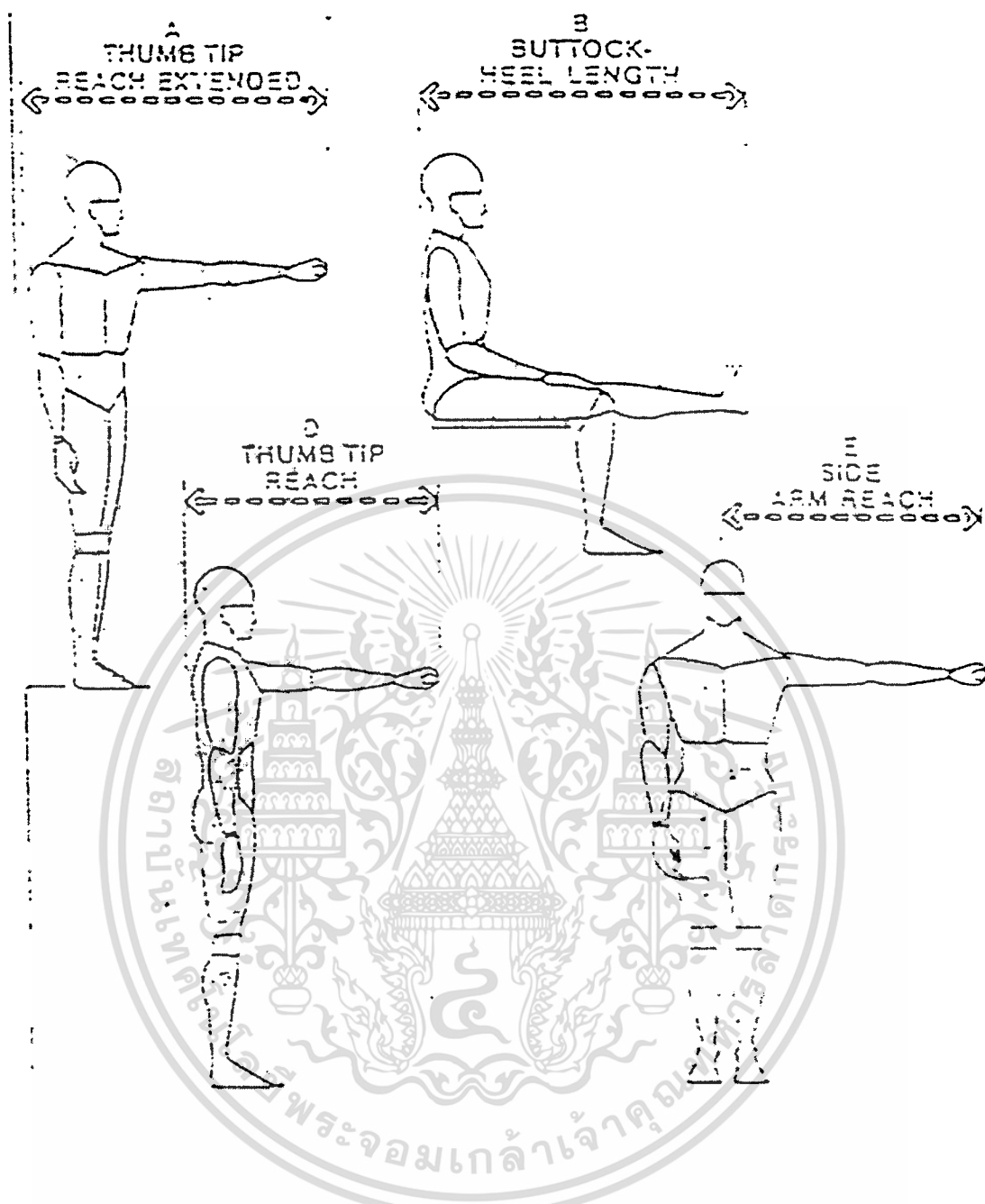
มีที่จะนำไปใช้งานในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมที่ดีที่สุดควรใช้ได้สะดวกเหมาะสมกับผู้ใช้ให้ได้มากที่สุด อาจถึง 80% หรือ 90% ของผู้ใช้ทั้งหมด ซึ่งมีทั้งค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) และค่าเฉลี่ย (Men) ให้เหมาะสมกับงานออกแบบนั้น ๆ

การที่จะกำหนดค่าใดเป็นมิตินี้ขึ้นอยู่กับให้นำไปใช้ ซึ่งแต่ละกรณีจะไม่เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น การมีติหมายเลข (1) ความสูงยืน ไปใช้ในการกำหนดหมายเลข 5 (ที่ต่ำสุด) สำหรับช่องประตู ค่าที่นำไปกำหนดเป็นมิตินี้คือ เป็นค่า Max หรือการนำมีติหมายเลข (5) ความสูงที่เอื้อมมือขึ้นบนไปใช้ในการกำหนดความสูงของชั้นวางของ (Shelf) ค่าที่กำหนดให้เป็นมิตินี้คือ ค่า Min การพิจารณาเลือกกำหนดมิตินี้คือหลักกว่า มิตินี้ที่เลือกจะต้องไปช่วยให้งานออกแบบไปใช้ได้ดี สะดวกสบายกับผู้ใช้ทุกขนาด หรือใช้ได้กว้างขวางที่สุด

ตารางที่ 2.9 แสดง ตัวเลขมีติส่วนต่างๆของร่างกายต่อความสูงยืน และมิตินี้ของชาย-หญิงไทย เฉลี่ยที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี

ที่	มีติต่าง ๆ ของร่างกาย	ความสูงยืน ต่ำสุด	ความสูงยืน เฉลี่ย	ความสูงยืน สูงสุด
1	ความสูงยืน	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับสายตา	138.36	140.63	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	122.64	132.81	143.29
4	ความสูงระดับมือ	64.80	70.81	75.71
5	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	72.81	78.85	85.71
6	ความกว้างกางแขน	151.56	184.13	177.08
7	ความกว้างระหว่างศอก	38.85	42.07	45.37
8	ความกว้างของไหล่	37.51	40.63	43.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



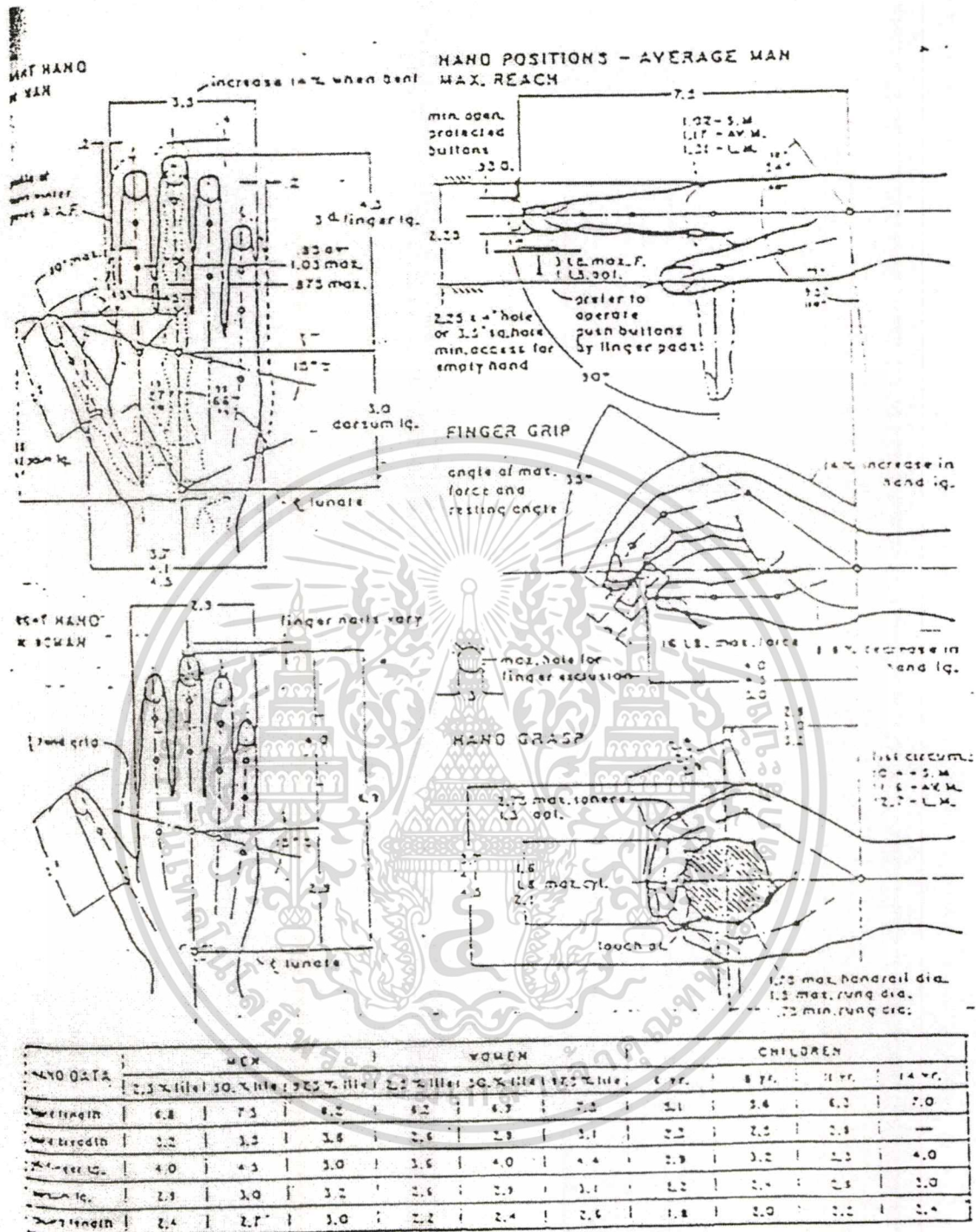
ภาพที่ 2.39 แสดงมิติมนุษย์ที่ใช้การออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนมือผู้หญิงกับมือผู้ชายคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

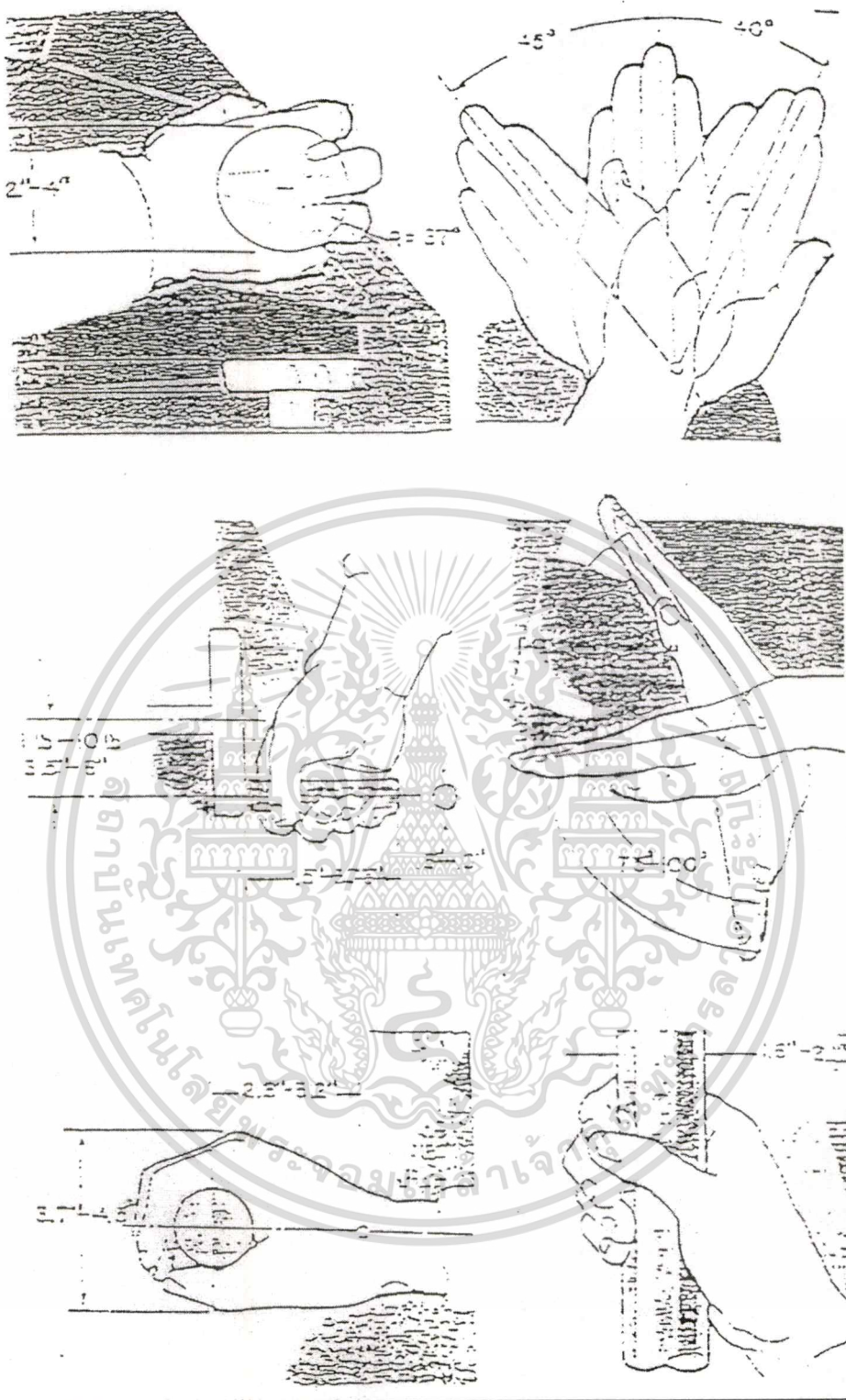
ข้อมูลเกี่ยวกับมือ	ผู้ชาย			ผู้หญิง		
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
	25% Tile	50% Tile	95.7% Tile	25% Tile	50% Tile	95.7% Tile
ความยาวของมือ	8.8	7.5	8.2	6.2	6.0	7.5
ความกว้างของมือ	3.2	3.5	3.8	2.6	2.9	3.1
จากสันมือถึงปลายนิ้วกลาง	4.0	4.5	5.0	3.6	4.0	4.4
จากสันมือถึงข้อมือ	2.8	3.0	3.2	2.6	2.9	3.1
ความขานนิ้วหัวแม่มือ	2.4	2.7	3.0	2.2	2.4	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



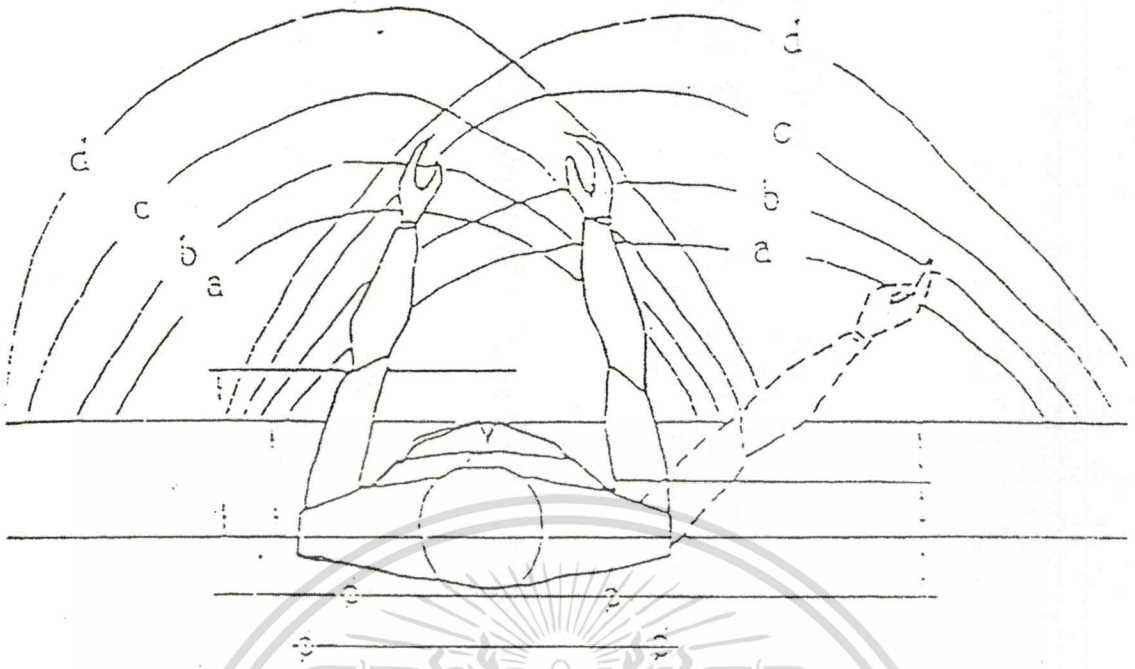
ภาพที่ 2.40 แสดงมิติของมือขนาดสากล และการทำงานของมือภาพแสดง สัดส่วนมือในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.41 แสดงสัดส่วนมือในการใช้งานแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.42 แสดงขนาดสัดส่วนที่เกี่ยวข้องในการออกแบบของรัศมีของการเอื้อมในท่าต่างๆ

ตารางที่ 2.11 แสดง ขนาดสัดส่วนในการออกแบบของรัศมีเอื้อมหน่วยเป็นเซนติเมตร

รัศมีเอื้อม		ระยะกว้าง		ระยะไกล		ระยะห่าง	ระยะเอื้อมห่างตา	
ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	จากโต๊ะ	ชาย	หญิง
600	565	1530	1450	650	500	20	630	480
650	615	1530	1450	700	615	20	780	480
600	565	1530	1450	850	705	20	830	685
650	615	1630	1550	1000	815	20	800	795

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมธี ศรีประเสริฐทรัพย์ และธนา ชั่งจิ้น (2546 : บทคัดย่อ) ปรินญาณิพนธ์เรื่องการพัฒนาและออกแบบเครื่องชอยหมากฉบับนี้เป็นการสร้างเครื่องชอยหมากขึ้นมาใหม่ให้มีขนาดที่เล็กลงกว่าเครื่องต้นแบบ ทั้งในเรื่องความปลอดภัยต่อเกษตรกรที่ใช้เครื่องจักร ด้วยเหตุดังกล่าวจึงได้เกิดโครงการปรินญาณิพนธ์ฉบับนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องชอยหมากเพื่อนำเอามาใช้แทนแรงงานคน

เครื่องชอยหมากนี้ใช้มอเตอร์กระแสสลับขนาด 190 วัตต์ แรงดัน 220 โวลต์ เป็นต้นกำลัง โดยส่งกำลังขับผ่านเฟืองโซ่เพื่อส่งกำลังไปยังระบบต่างๆ ของเครื่อง โดยแยกการทำงานออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบป้อนหมาก และระบบตัดเฉือน การทำงานของเครื่องคือการนำหมากสดมาทำการปอกเปลือกใส่ลงในถังไปสู่ชุดป้อน โดยที่ชุดป้อนหมากจะนำเอามากเข้าสู่ชุดตัดเฉือนครั้งละ 1 ผลต่อช่อง มีทั้งหมด 3 ช่อง หลังจากหมากตกลงไปในชุดตัดเฉือนแล้ว ชุดคั้นหมากซึ่งรับกำลังจากเพลาลูกเบี้ยว ทำการคั้นผลหมากให้ผ่านชุดใบมีดลักษณะขั้นบันไดจำนวน 5 ชั้น หมากก็จะถูกตัดออกเป็นแผ่นในตำแหน่งนี้

จากผลการทดลองและใช้งานจริงปรากฏว่า เครื่องชอยหมากสามารถใช้งานได้จริงตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้ โดยได้แผ่นหมากมีความหนา 5 มิลลิเมตร เท่ากันทุก ๆ แผ่น และปริมาณการผลิตประมาณ 14 ผล/นาที

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม เพื่อเป็นการทำผลของการวิจัยมาใช้ เป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดขั้นตอนในการวิจัยไว้ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 ขั้นตอนศึกษาออกแบบ และสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

##### 3.1.1 ประชากรได้แก่

กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ 3 ท่าน

กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม 3 ท่าน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มแม่บ้านที่ทำการผลิตปลาอินทรีเค็ม ในจังหวัดเพชรบุรี

โดยแบ่งออกดังนี้

1. กลุ่มแม่บ้านแหลมผักเบี้ย 10 ท่าน
2. กลุ่มแม่บ้านบางแก้ว 10 ท่าน
3. กลุ่มแม่บ้านหาดเจ้าสำราญ 10 ท่าน

กลุ่มที่ 4 ชี้นปลาอินทรี 60 ชี้น

##### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่างได้แก่

1. คือกลุ่มผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 3 ท่าน

1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วีระศักดิ์ ว่องปรีชา

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

ภาควิชา ออกแบบ อุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อาจารย์มานะ เข็มบัว

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โปรแกรมวิชา ออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนคูสิต

1.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรชาติ ทินานนท์

คณะศิลปกรรมศาสตร์

ภาควิชา ออกแบบ ผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านวิศวกรรมจำนวน 3 ท่าน

1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ วงศ์กระจ่าง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.2 อาจารย์ ธนะพงษ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

1.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. กลุ่มแม่บ้านแสดงความคิดเห็นทางการใช้งาน

1.1 กลุ่มแม่บ้านแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 10 คน

1.2 กลุ่มแม่บ้านบางแก้ว จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 10 คน

1.3 กลุ่มแม่บ้านหาดเจ้าสำราญ จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 10 คน

## 3.2 ขั้นตอนการศึกษาออกแบบ และสร้างเครื่องต้นปลาอินทรีเทียม

### 3.2.1 การศึกษาข้อมูล

3.2.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิโดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลโดยสอบถาม และสังเกต พฤติกรรม ตลอดจนวิธีการตัดปลาอินทรีเดิมภายในสถานประกอบการ

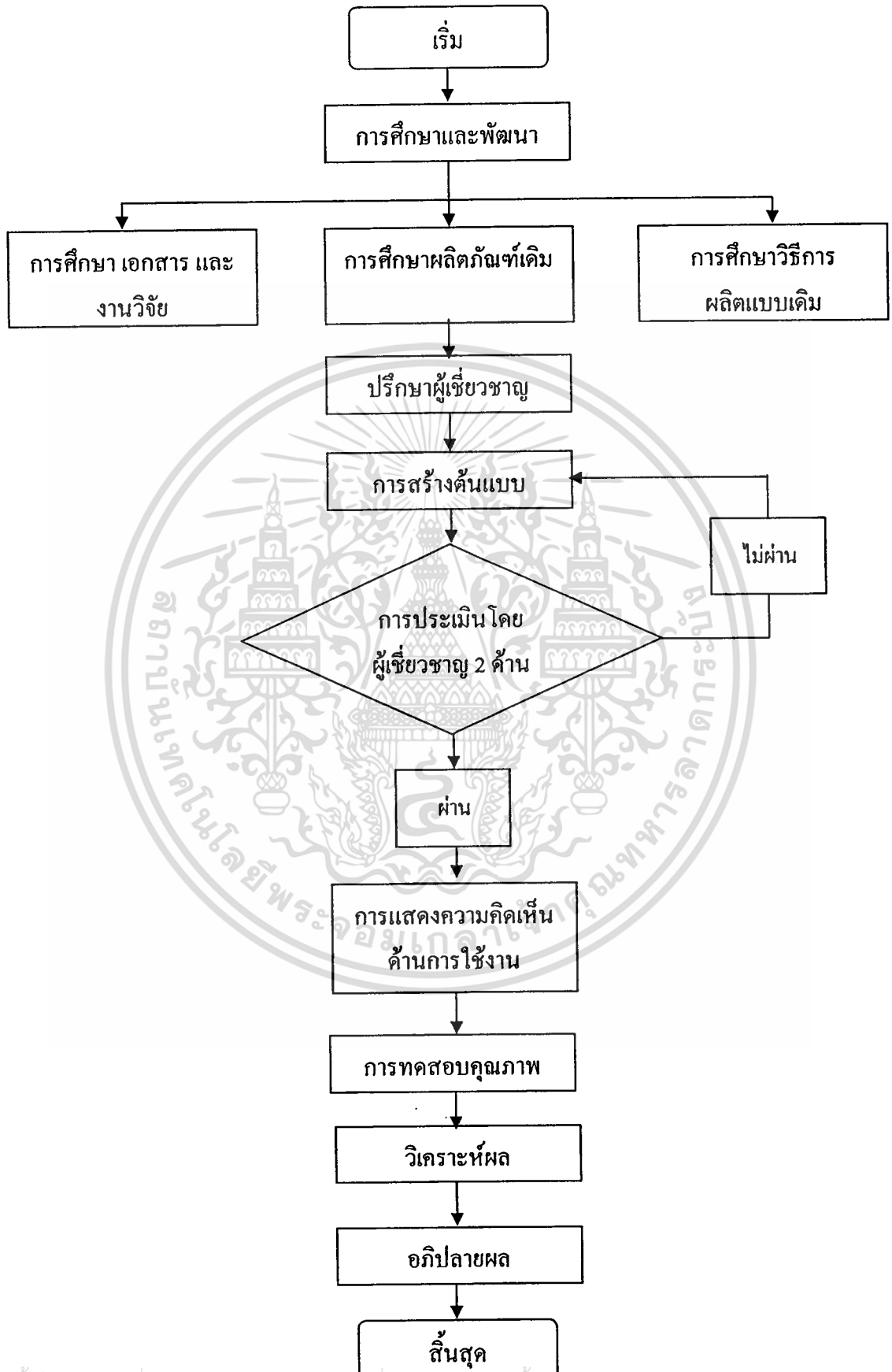
### 3.2.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ ประสานงานกับหน่วยงานจากภาครัฐ และเอกชนเพื่อหาข้อมูล นำมาประกอบการออกแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ขั้นตอนการออกแบบ และสร้างเครื่องหันปลาอินทรีเทียม โดยผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการออกแบบไว้ดังนี้

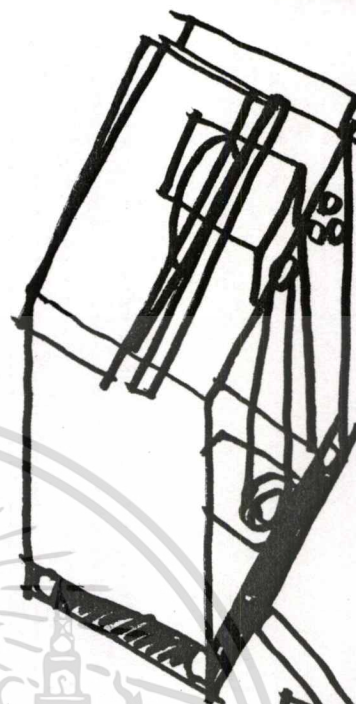
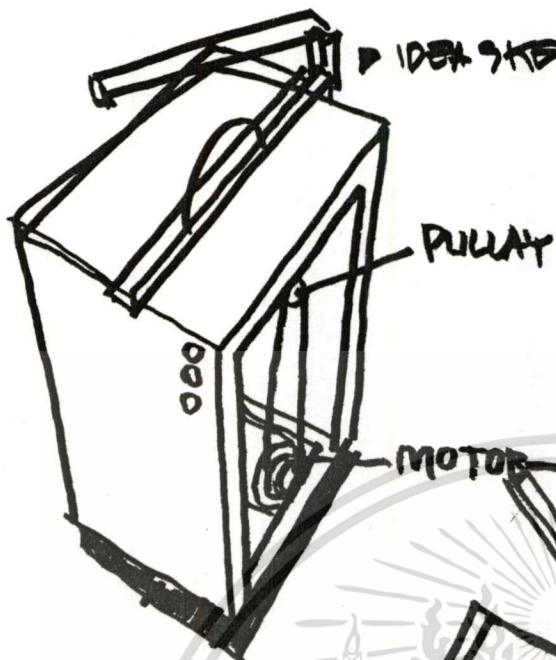
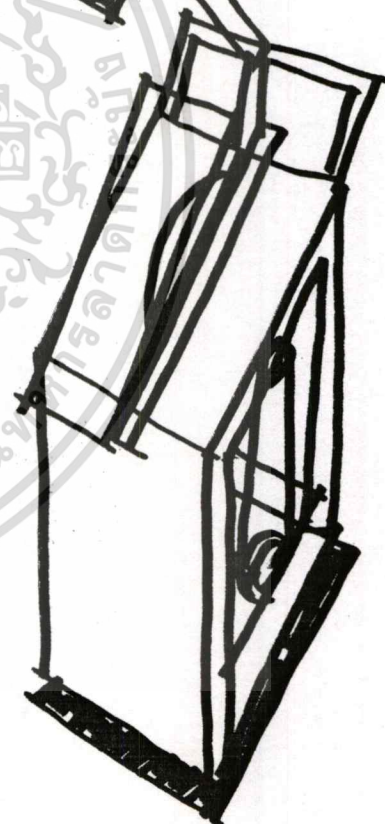
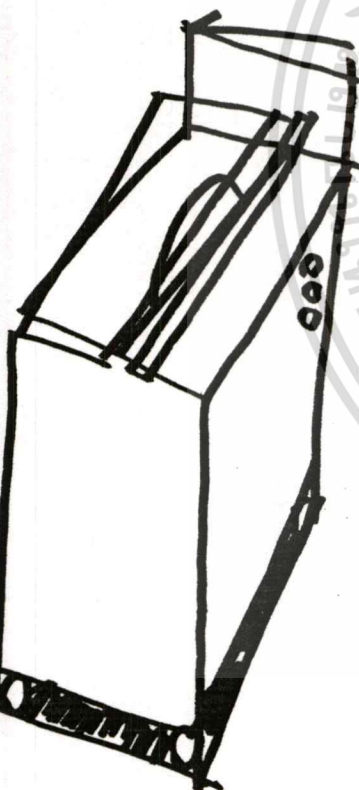


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแต่งเปลี่ยนแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 แผนดำเนินการพัฒนา

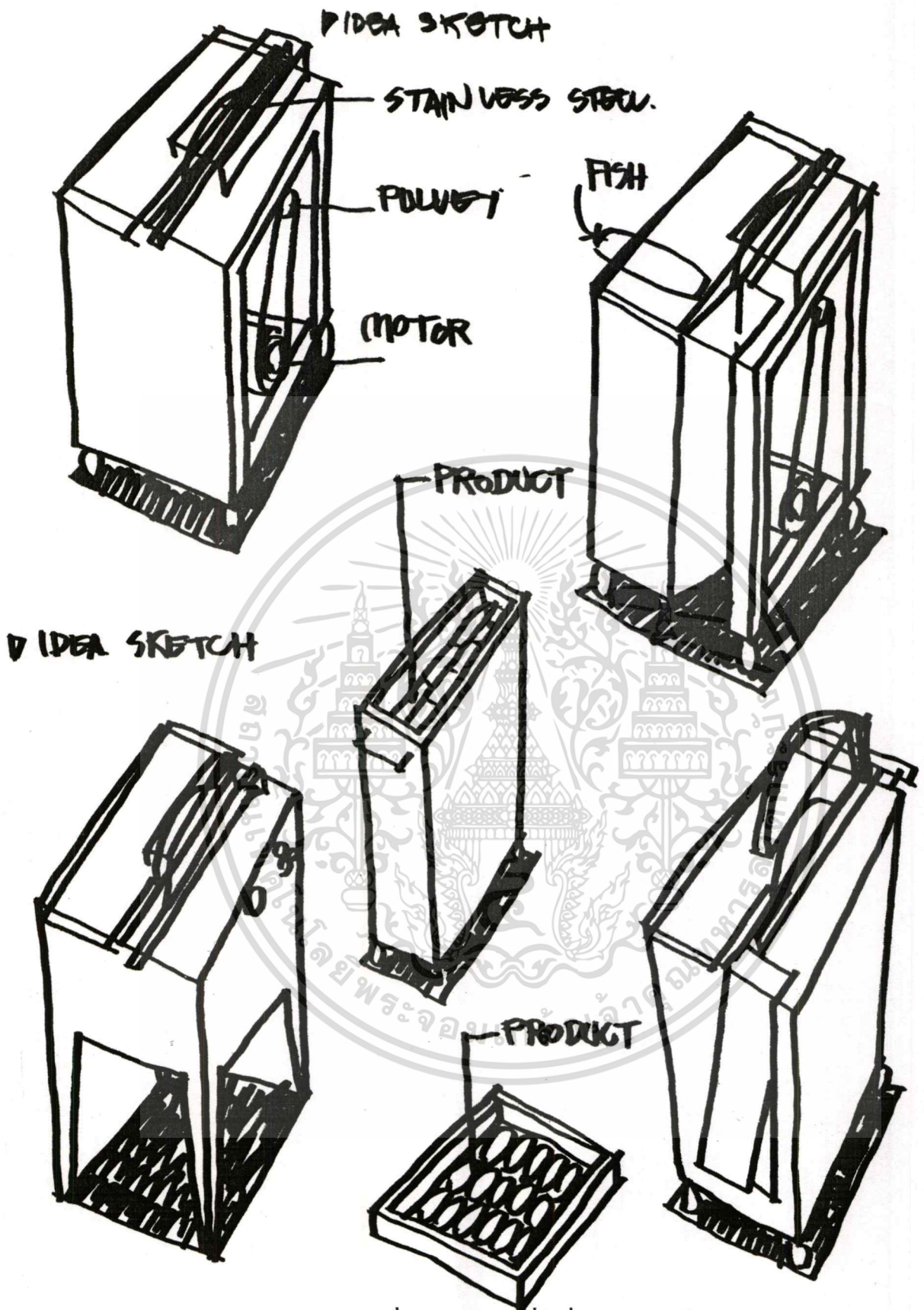
DIEA SKETCH

▷ IDEA SKETCH.

STAINLESS  
STEEL

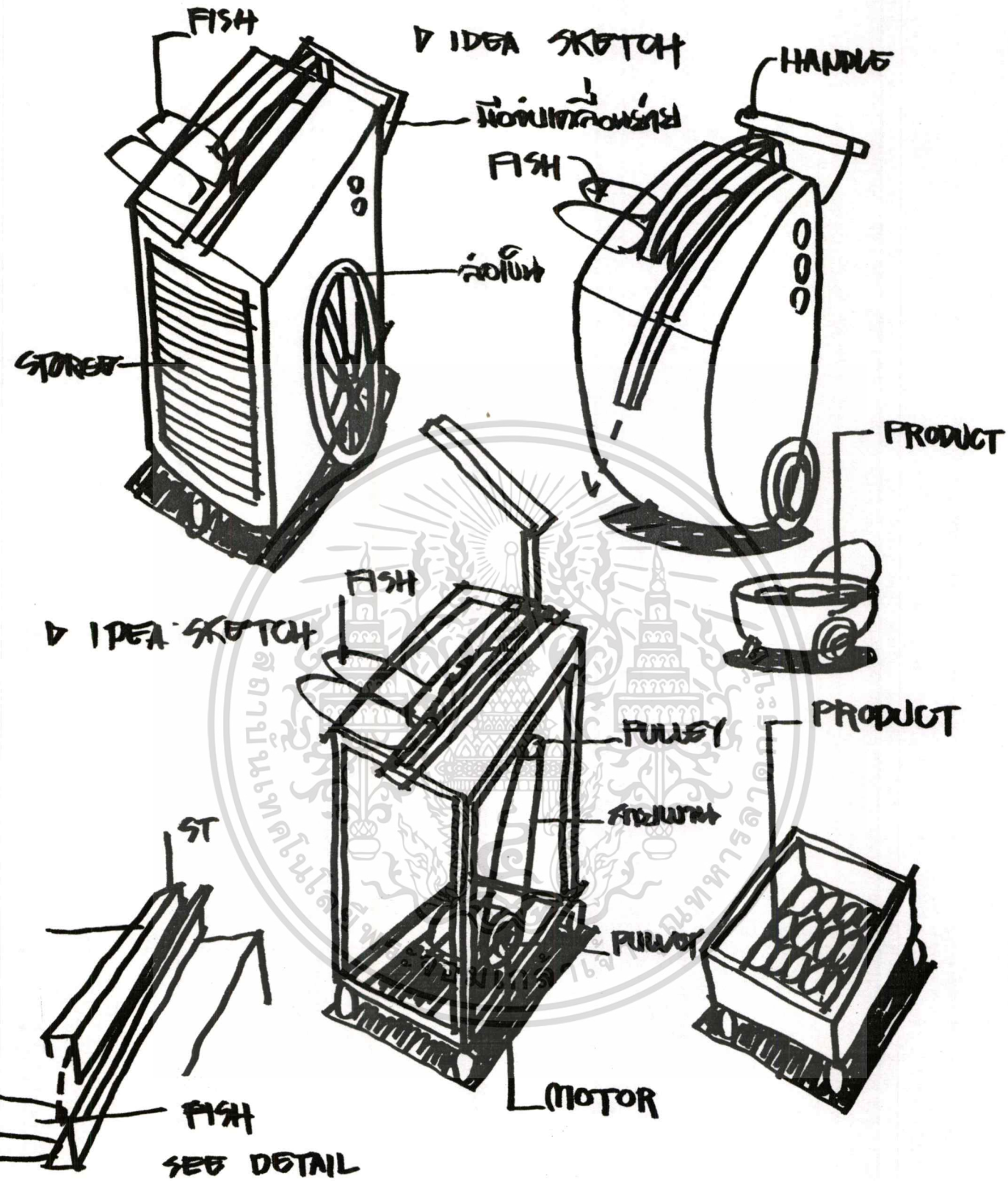
ภาพที่ 3.2 แบบร่างเครื่องหั่นปลาอินทรีเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



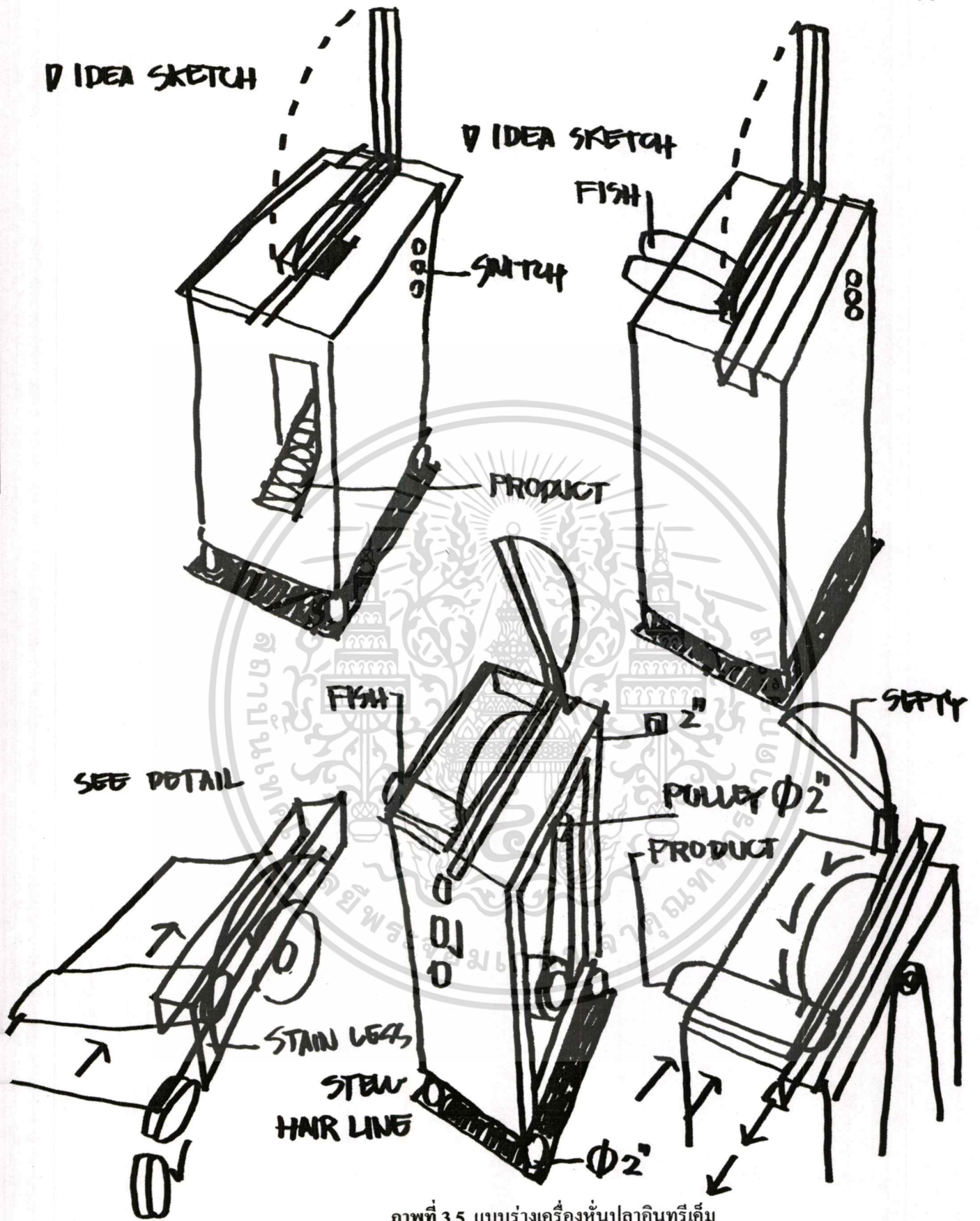
ภาพที่ 3.3 แบบร่างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แบบร่างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม

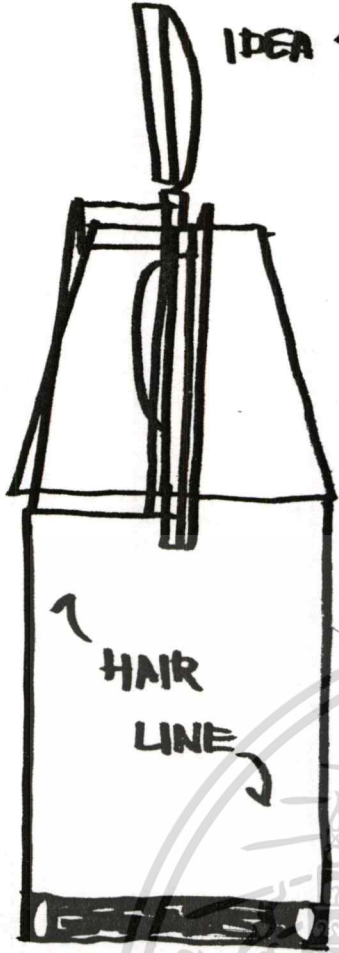
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 แบบร่างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

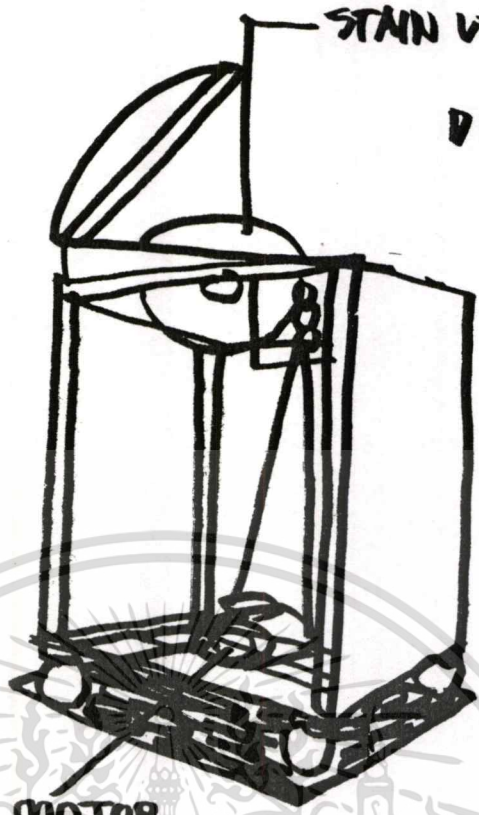
IDEA SKETCH



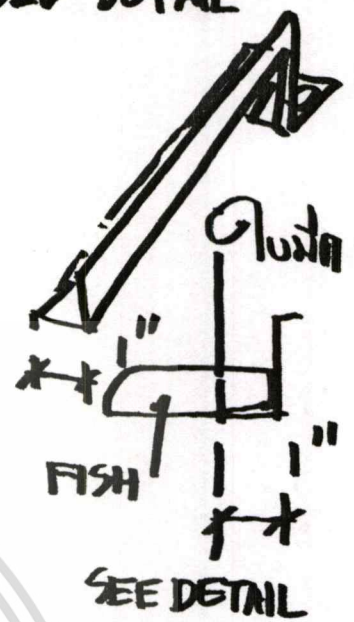
FRONT

STAINLESS STEEL

SEE DETAIL

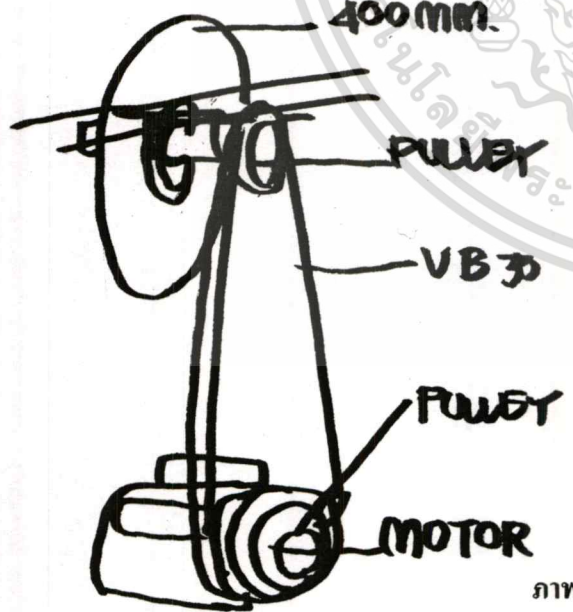


MOTOR

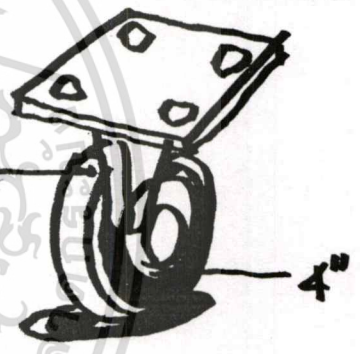


SEE DETAIL

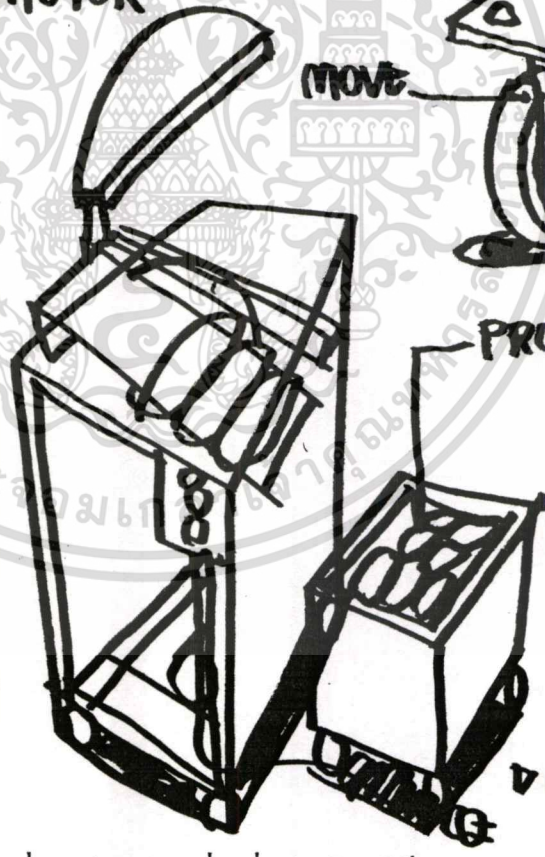
400mm.



MOVE



PRODUCT



IDEA SKETCH

ภาพที่ 3.6 แบบร่างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ไปศึกษาข้อมูล จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาจากข้อมูลปฐมภูมิโดยสอบถามจากผู้ใช้
2. ศึกษาจากข้อมูล ทฤษฎี จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจน

ประสานงานจากหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มากำหนดกรอบเพื่อนำมาสร้างแบบประเมินและแบบสอบถาม ดังนี้

- 1.1 แบบประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 1.2 แบบประเมินทางด้านวิศวกรรม
- 1.3 แบบสอบถามแสดงความคิดเห็นทางด้านการใช้งาน
- 1.4 แบบตรวจสอบคุณภาพ
- 1.5 นำแบบประเมินที่สร้างเสร็จแล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อ

ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไข

3. นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปตรวจสอบความเที่ยงตรงโดย

ผู้ทรงคุณวุฒิ

4. นำแบบประเมินที่ตรวจสอบความเที่ยงตรงจากผู้ทรงคุณวุฒิมาวิเคราะห์และ

ปรับปรุงแก้ไขแล้วจึงนำไปใช้

#### 3.3.1 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. หลังจากที่ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือแล้ว ได้นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความถูกต้อง ของภาษา ความเที่ยงตรงของเนื้อหา ก่อนที่จะนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ ซึ่งได้คำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ

รองศาสตราจารย์ อุดมศักดิ์ สารินุตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่สร้างแล้ว ไปตรวจสอบหาค่าความสอดคล้อง IOC จาก

ผู้ทรงคุณวุฒิคือ

1. ดร. ผดุงชัย ภูพัฒน์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อาจารย์ พรชัย หอสุวรรณศักดิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์

สาขาวิชาออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ราชมงคลตะวันออกวิทยาเขตอุเทนถวาย

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ วงศ์กระจ่าง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3. ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือมาแก้ไข เพื่อความสมบูรณ์ถูกต้องแล้วจึงนำไปเก็บข้อมูล

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องหันปลาแบบเดิม กับกลุ่มตัวอย่างวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยการสอบถาม การสังเกต การจดบันทึก และวิธีดังนี้

1. เก็บจากการสอบถามสภาพปัญหาจากกลุ่มตัวอย่าง และจากผู้เชี่ยวชาญโดยการจดบันทึก
2. เก็บจากแบบประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
3. เก็บจากแบบประเมินด้านวิศวกรรม
4. เก็บจากแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นด้านการใช้งาน
5. เก็บจากแบบตรวจสอบคุณภาพ

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาจากข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิ เพื่อนำผลมาใช้ในการพัฒนา

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมิน (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทางด้านวิศวกรรม และแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นทางด้านการใช้งาน

การประเมินได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ ที่แสดงความคิดเห็น ในด้านต่างๆ โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.50-5.00	หมายถึง	ระดับดีมาก
3.50-4.49	หมายถึง	ระดับดี
2.50-3.49	หมายถึง	ระดับปานกลาง
1.50-2.49	หมายถึง	ระดับน้อย
1.00-1.49	หมายถึง	ระดับน้อยที่สุด

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ เป็นประโยชน์อย่างยิ่งเพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ชัดเจนขึ้น

3.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นปลาโดยใช้สถิติ ความถี่ ร้อยละ และเปรียบเทียบทดสอบเวลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบ และสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม โดยผู้วิจัยได้ทำการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

- 4.1 ผลจากการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 4.2 ผลจากการออกแบบ และสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม
- 4.3 ผลจากการประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 4.4 ผลจากการประเมินทางด้านวิศวกรรม
- 4.5 ผลจากการแสดงความคิดเห็นด้านการใช้งาน
- 4.6 ผลจากการเปรียบเทียบการหุ่นปลาอินทรีเค็มแบบดั้งเดิม และ การหุ่นด้วยเครื่อง

### 4.1 ผลจากการศึกษาจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยผู้วิจัยที่ทำการศึกษาจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของระบบกลไกการทำงาน และวัสดุประกอบตัวเครื่อง และวิธีการหุ่นปลาอินทรีเค็ม รวมไปถึง ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในตัวเครื่อง เพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการออกแบบ และสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม เพื่อนำไปทดสอบและประเมินในแต่ละด้าน

### 4.2 ผลจากการออกแบบ และสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม

โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาจากผู้ผลิต มาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องหุ่นปลาอินทรีเค็ม โดยการปรึกษา กับ อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน ซึ่งทำให้ได้ผลการวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ และสร้างดังต่อไปนี้

- 4.2.1 ระบบด้านกำลัง ส่งกำลัง และชุดควบคุมกระแสไฟ
- 4.2.2 ด้าน โครงสร้าง และวัสดุประกอบ
- 4.2.3 ด้านการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1 ระบบต้นกำลัง ส่งกำลัง และชุดควบคุมไฟฟ้า

ระบบต้นกำลัง จากการที่ไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ และเอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวข้อง พบว่าในการเลือกใช้ระบบ ต้นกำลังต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ สายพาน มูเว่ ต้องมีการคำนวณหาความหนักของชิ้นงานได้ระบบต้นกำลังดังต่อไปนี้

1. มอเตอร์ ใช้มอเตอร์ขนาด ¼ HP โดยใช้ไฟฟ้า 220 V. 1 เฟส โดยมอเตอร์ จะมี มูเว่ ที่มีขนาด 90 mm. พร้อมสายพานหน้าตัด วีเบอร์ B 30

2. ไบมีดัดชิ้นงาน เป็นไบมีดสแตนเลส ไบมีดจะถูกขับเคลื่อนด้วยแกนเหล็ก บังคับ ไบมีดจะมีขนาด 400 mm.

3. ชุดควบคุมไฟฟ้า ในส่วนชุดควบคุมไฟฟ้าผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด เพื่อสามารถถอด และเปลี่ยนเพื่อนำมาซ่อมแซมได้ง่าย โดยแยกดังต่อไปนี้

(1) สวิตช์ เปิด - ปิด ใช้สวิตช์แบบสปริงมีทั้ง ON และ OFF เมื่อกดสวิตช์แล้ว จะจม ใช้กับไฟ 220 V.

(2) สายไฟ ในตัวเครื่องมีขนาด 3 mm. วิธีการต่อสายไฟต่าง ๆ ในตัวเครื่องใช้ปลั๊กหางปลาแล้วหุ้มด้วยยางภายในตัวเครื่อง คิดอุปกรณ์ สำหรับตัดไฟเพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้ารั่ว ในส่วนของสายไฟเมนหลักเลือกใช้สายไฟแบบมีปลอกยางหุ้มตลอดมีขนาด 4 mm. และสายดิน เลือกใช้สายไฟขนาด 2 mm. ซึ่งต่อจากตัวเครื่อง เพื่อป้องกันไฟฟ้ารั่ว ขณะเครื่องทำงาน

#### 4.2.2 ด้านโครงสร้าง

ในส่วน โครงสร้างจากการวิเคราะห์ และทำแบบร่างไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละด้าน ผู้วิจัยนำเสนอแนะนำมาสรุปผล และนำมาแยกแยะได้ดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างหลัก เลือกใช้เหล็กฉากทั้งหมด ในการประกอบ โครงสร้างของเครื่อง โครงเลือกทำเป็นระบบประกอบ ได้ทั้งหมดทั้งนี้เพื่อช่วยต่อการดูแลรักษา และกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

2. โครงสร้างภายใน ผู้วิจัยเลือกใช้เหล็ก ขนาด 10m x 10m ทำเป็นส่วนวางมอเตอร์ และยึดด้วยน๊อต NO. 13 สามารถถอดประกอบ และสามารถตั้งตำแหน่งของมอเตอร์ได้ และปรับองศาได้ ส่วนของภาชนะรองปลาอินทรี เลือกใช้สแตนเลส ซึ่งเป็นวัสดุที่ปลอดภัย

3. วัสดุประกอบโครงสร้าง เลือกใช้แผ่นสแตนเลสหนา 1.2 m.m. นำมาดัดขึ้นรูป และยึดด้วยน๊อตสแตนเลส No.14 เกลียวปล้อย ซึ่งสามารถถอดเพื่อนำมาเปลี่ยนชิ้นส่วนภายในได้

### 4.2.3 ด้านการออกแบบ

ในด้านการออกแบบผู้วิจัยได้ทำแบบร่าง ไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านการออกแบบ แล้วนำมาสรุปวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ด้านรูปทรง ของเครื่องผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโดยเน้นถึงความสะดวก เรียบง่ายของรูปทรง โดยทำการออกแบบให้เครื่องเป็นทรงสี่เหลี่ยม เรียบง่าย สามารถจัดเก็บได้ง่าย และไม่เปลืองเนื้อที่ใช้สอยในการจัดเก็บ

2. ด้านสีสน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับสีที่ใช้ในการออกแบบเครื่องที่เกี่ยวกับอาหาร สรุปได้คือตัวโครงสร้างเครื่องเป็นเหล็กพ่นสีบอร์นเงิน กรูด้วยวัตถุที่นำมาผสมคือสแตนเลส HAIR LINE แผ่นหนา 1.2 m.m. เพื่อเพิ่มความสวยงาม น่าใช้

## 4.3 ผลจากการประเมินหาความพึงพอใจทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

4.3.1 ผลจากการประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ปรากฏผลการวิเคราะห์ จากตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้าน ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (n=3)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านหน้าที่ใช้สอย			
	1.1 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ไม่ฉีกขาดและไม่เสียรูป	4.00	0.00	ดี
	1.2 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ครั้งละ 2 ตัวขึ้นไป	4.66	0.93	ดีมาก
	1.3 เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.00	0.00	ดี
	1.4 เครื่องสามารถตัดปลาสดได้	3.66	0.23	ดี
2	2. ด้านความปลอดภัย			
	2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่องมีความปลอดภัย	3.66	0.23	ดี
	2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรง ทนทาน	4.33	0.46	ดี
	2.3 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัยในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน	4.00	0.00	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
	2.4 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ของเครื่องในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน	4.00	0.00	ดี
3.	ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน			
	3.1 เครื่องมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน	3.00	0.00	ปานกลาง
	3.2 เครื่องมีความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย	4.33	0.46	ดี
	3.3 เครื่องมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำมาทำความสะอาด หรือซ่อมบำรุง	3.66	0.23	ดี
	3.4 การจัดวางตำแหน่งของสวิทช์ควบคุมการทำงานมีความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน	4.33	0.46	ดี
4.	ความสวยงาม น่าใช้			
	4.1 เครื่องมีรูปทรงสวยงามน่าใช้	3.67	0.24	ดี
	4.2 เครื่องมีสีสันสวยงามน่าใช้	3.33	0.19	ปานกลาง
	4.3 ป้ายบอกวิธีการใช้งานจัดวางได้เหมาะสม	4.00	0.00	ดี
	4.4 พื้นผิวของวัสดุมีความสวยงามน่าใช้	3.66	0.46	ดี
	รวม	62.29	3.89	
	ค่าเฉลี่ย	4.08	0.36	ดี

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.08$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก 1 ข้อ ข้อที่ 1.2 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ครั้งละ 2 ตัวขึ้นไป ( $\bar{X} = 4.66$ ) ในระดับดี 12 ข้อ ระดับปานกลาง 3 ข้อ

## 4.4 ผลจากการประเมินทางด้านวิศวกรรม

4.4.1 ผลจากการประเมินทางด้านวิศวกรรม จากแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ปรากฏผลการวิเคราะห์ จากตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการประเมินทางด้านวิศวกรรม (n=3)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
<b>1.</b>	<b>ด้านความแข็งแรง</b>			
	1.1 การใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างหลักมีความแข็งแรงคงทน	4.00	0.00	ดี
	1.2 การใช้วัสดุที่นำมาเป็นวัสดุประกอบของเครื่องมีความทนทาน ต่อสภาพความเค็ม	4.00	0.00	ดี
	1.3 การใช้วัสดุที่นำมาผลิตใบมีดตัดปลา มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพความเค็ม	4.33	0.00	ดี
	1.4 การเลือกใช้ระบบมูเว่ มีความแข็งแรงสามารถทนแรงความหนืดของเนื้อปลาได้ดี	4.66	0.46	ดีมาก
<b>2.</b>	<b>ด้านการสึกหรอ</b>			
	2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตใบมีดมีความเหมาะสมสามารถทนต่อความหนืดของปลาได้	4.66	0.46	ดีมาก
	2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตมูเว่ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.30	0.46	ดี
	2.3 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตตัวเครื่อง มีความเหมาะสมไม่เกิดสนิม	3.00	0.00	ปานกลาง
	2.4 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาหุ้มสายไฟต่างๆ ในตัวเครื่อง มีความเหมาะสม	3.33	0.46	ปานกลาง
<b>3.</b>	<b>ด้านความปลอดภัย</b>			
	3.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้าง มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.00	0.00	ดี
	3.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่อง มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.33	0.00	ดี
	3.3 การใช้อุปกรณ์ที่นำมาเป็นตัวตัดไฟ มีความปลอดภัย	4.00	0.00	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
	3.4 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัยจากอุปกรณ์ห่อหุ้มสายไฟ	3.66	0.46	ดี
4.	ด้านการซ่อมแซม			
	4.1 เครื่องสามารถถอดใบมีดตัดเพื่อนำมาซ่อมแซมได้	4.00	0.00	ดี
	4.2 เครื่องสามารถถอดสายพานเพื่อนำมาเปลี่ยนได้สะดวก	4.66	0.46	ดีมาก
	4.3 เครื่องสามารถถอดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อนำมาเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้	4.66	0.46	ดีมาก
	4.4 เครื่องมีป้ายบอกวิธีถอดหรือเปลี่ยนอะไหล่เมื่อนำมาซ่อมแซมได้	4.33	0.46	ดี
	รวม	65.92	4.14	
	ค่าเฉลี่ย	4.12	0.25	ดี

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญประเมินความพึงพอใจทางด้านวิศวกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับ ดี ( $\bar{X} = 4.12$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 3.00-4.66 ซึ่งมีความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ในข้อที่ 1.4 การเลือกใช้ระบบมูเว มีความแข็งแรง ข้อที่ 2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตใบมีดมีความเหมาะสม ข้อที่ 4.2 เครื่องสามารถถอดสายพานเพื่อนำมาเปลี่ยนได้ ข้อที่ 4.3 เครื่องสามารถถอดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อนำมาเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ ความพึงพอใจระดับดี 10 ข้อ ปานกลาง 2 ข้อ

#### 4.5 ผลจากการแสดงความคิดเห็นทางด้านการใช้งานจากแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ปรากฏผลการวิเคราะห์ จากตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแสดงความคิดเห็นทางด้านการใช้งาน จากกลุ่มแม่บ้าน (n=30)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความ ความคิดเห็น
1	ด้านหน้าที่ใช้สอย			
	1.1 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ไม่ฝักขาคและไม่เสียรูป	3.06	0.41	ปานกลาง
	1.2 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ครั้งละ 2 ตัวขึ้นไป	4.33	0.48	ดี
	1.3 เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.53	0.52	ดีมาก
	1.4 เครื่องสามารถตัดพลาสติกได้	4.50	0.55	ดีมาก
2	ด้านความปลอดภัย			
	2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่องมีความปลอดภัย	3.80	0.41	ดี
	2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรง ทนทาน	4.23	0.74	ดี
	2.3 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัยในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน	4.33	0.48	ดี
	2.4 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ เสียงของเครื่องในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน	3.46	0.41	ปานกลาง
3.	ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน			
	3.1 เครื่องมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน	4.50	0.55	ดีมาก
	3.2 เครื่องมีความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย	4.50	0.55	ดีมาก
	3.3 เครื่องมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำมาทำความสะอาดหรือซ่อมบำรุง	3.56	0.77	ดี
	3.4 การจัดวางตำแหน่งของสวิทช์ควบคุมการทำงานมีความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน	4.63	0.61	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความ ความคิดเห็น
4.	ความสวยงาม นำใช้			
4.1	ป้ายบอกวิธีการใช้งานชัดเจนได้เหมาะสม	3.56	0.72	ดีมาก
4.2	พื้นผิวของวัสดุมีความสวยงามนำใช้	3.80	0.73	ดี
4.3	เครื่องมือสีสันสวยงามนำใช้	4.63	0.61	ดี
4.4	เครื่องมือรูปทรงสวยงามนำใช้	4.23	0.74	ดี
	รวม	65.75	9.48	
	ค่าเฉลี่ย	4.10	0.59	ดี

จากตารางที่ 4.3 พบว่าความคิดเห็นของผู้ใช้งาน แสดงความคิดเห็น ทางด้านการใช้งาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.10$ ) เพื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 4.50 – 5.00 ซึ่งมีความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก 6 ข้อ ระดับดี 8 ข้อ ปานกลาง 2 ข้อ

#### 4.6 ผลจากการเปรียบเทียบการหั่นปลาอินทรีเค็มแบบดั้งเดิม และ การหั่นด้วยเครื่อง

ตารางที่ 4.4 ความถี่ร้อยละของคุณภาพการหั่นปลาอินทรีเค็มแบบดั้งเดิม และ การหั่นด้วยเครื่อง

(n=60)

ครั้งที่	แบบเดิม		รวม	เครื่องใหม่		รวม
	ผ่าน	ไม่ผ่าน		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
1	5	5	10	10	-	10
2	4	6	10	10	-	10
3	4	6	10	10	-	10
รวม	13	17	30	30	-	30
คิดเป็นร้อยละ	43	57		100	0	

จากตารางที่ 4.4 คุณภาพของชิ้นปลาที่หั่นด้วยเครื่อง ผลการสุ่มตรวจจากตารางผ่านทุกชิ้น คิดเป็น 100 % และชิ้นปลาที่หั่นแบบดั้งเดิม ผ่าน 43% ไม่ผ่าน 57%

ตารางที่ 4.5 ตารางเปรียบเทียบเวลาการหั่นปลาอินทรีเค็มแบบดั้งเดิม และ การหั่นด้วยเครื่อง

ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)		
ปลา 5 กิโลกรัม	แบบเดิม	เครื่องใหม่
ครั้งที่ 1	12	5
ครั้งที่ 2	11	4
ครั้งที่ 3	12	4

จากตารางที่ 4.5 พบว่า การหั่นปลาอินทรีด้วยเครื่องใช้เวลา น้อยกว่าการหั่นปลาแบบดั้งเดิม

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การออกแบบ และสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม ในบทนี้เป็นบทสรุปผลการวิจัย ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัย อภิปรายผล และ ข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

#### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องตัดปลาอินทรีเค็ม
2. เพื่อประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 4 ด้าน
  1. ด้านหน้าที่ใช้สอย
  2. ด้านความปลอดภัย
  3. ด้านความแข็งแรง
  4. ความสวยงามน่าใช้
3. เพื่อประเมินทางด้านวิศวกรรม 4 ด้าน
  1. ด้านความแข็งแรง
  2. ด้านการสึกหรอ
  3. ด้านความปลอดภัย
  4. ด้านการซ่อมแซม

#### 4. เพื่อสอบถามความคิดเห็นทางด้านการใช้งาน 4 ด้าน

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย
2. ด้านความปลอดภัย
3. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน
4. ด้านความสวยงาม น่าใช้

5. เพื่อเปรียบเทียบการตัดปลาอินทรีเค็ม แบบดั้งเดิมกับการตัดปลาด้วยเครื่องตัดปลาโดยผลของการวิจัยสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

กลุ่มที่ 1,2 ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และด้านวิศวกรรม จากผลการวิจัย และนำมาประเมินผลการวิจัยในรูปของการแปลความหมายให้สามารถเข้าใจง่าย เป็นตารางข้อมูลบอกการจัดการประเมินออกมาเป็นตัวเลขด้วยค่าสถิติ ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 3 ด้านการใช้งาน จากผู้ใช้งาน ผลการประเมินจากผู้ใช้ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี

### 5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างประชากรได้แก่

- กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญทางการออกแบบผลิตภัณฑ์
- กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มแม่บ้านที่ทำการผลิตปลาอินทรีเค็มในจังหวัดเพชรบุรี
- กลุ่มที่ 4 ซิ่นปลาที่ใช้ในการทดสอบ

#### กลุ่มประชากรได้แก่

- กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มแม่บ้านที่ทำการผลิตปลาอินทรีเค็มในจังหวัดเพชรบุรี
- กลุ่มที่ 4 ซิ่นปลาที่ใช้ในการทดสอบ

#### กลุ่มตัวอย่างได้แก่

- กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ 3 ท่าน
- กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม 3 ท่าน
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มแม่บ้านที่ทำการผลิตปลาอินทรีเค็มในจังหวัดเพชรบุรี

โดยแบ่งออกดังนี้

1. กลุ่มแม่บ้านแหลมผักเบี้ย 10 ท่าน
2. กลุ่มแม่บ้านบางแก้ว 10 ท่าน
3. กลุ่มแม่บ้านหาดเจ้าสำราญ 10 ท่าน

กลุ่มที่ 4 ซิ่นปลาที่ใช้ในการทดสอบ จำนวน 60 ซิ่น

### 5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จะเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งาน

โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 3 ชุด

- ชุดที่ 1 แบบประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์
- ชุดที่ 2 แบบประเมินทางด้านวิศวกรรม
- ชุดที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นทางการใช้งาน
- ชุดที่ 4 แบบตรวจสอบคุณภาพซิ่นปลา

### 5.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาจากข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิ นำผลมาใช้ใน

#### การออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมิน (IOC)
3. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์,ทางด้าน

วิศวกรรม,ทางด้านการใช้งาน

4. วิเคราะห์ข้อมูล จากการเปรียบเทียบการใช้ผลิตภัณฑ์เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาจากการประเมินจากช่วงคะแนน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพอใจอยู่ในระดับ	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพอใจอยู่ในระดับ	ดี
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพอใจอยู่ในระดับ	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพอใจอยู่ในระดับ	น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพอใจอยู่ในระดับ	น้อยที่สุด

### 5.1.5 ผลการวิจัย

ผลสรุปของการวิจัยได้สรุปผลไว้ดังนี้

1. ผลจากการประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในเกณฑ์ดี ( $\bar{X} = 4.08$ )
2. ผลจากการประเมินทางด้านวิศวกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในเกณฑ์ดี ( $\bar{X} = 4.12$ )
3. ผลจากการประเมินทางด้านการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี ( $\bar{X} = 4.10$ )
4. ผลการเปรียบเทียบระหว่างการตัดปลาด้วยมือกับการตัดปลาด้วยเครื่อง เครื่องจะตัดปลาได้เร็วกว่าการตัดปลาด้วยมือ และชิ้นปลามีขนาดดีกว่า (100%) การตัดด้วยมือ ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม สอดคล้องกับวิถีของคนในชุมชน ซึ่งสามารถผลิตสินค้าและบริการนั้น ได้มาตรฐานสากลและสามารถสร้างรายได้โดยใช้ทุนประกอบการไม่มาก

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยเรื่องการออกแบบ และสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม ผู้วิจัยได้ประเด็นที่สำคัญของการวิจัย นำมาสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

### 5.2.1 ผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผลการประเมินโดยภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้เป็นเพราะผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ได้ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

## 1. ด้านหน้าที่การใช้สอย

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 1.1 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ 2 ตัวขึ้นไป | อยู่ในระดับดีมาก   |
| 1.2 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ ไม่เสียรูป  | อยู่ในระดับดี      |
| 1.3 เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก    | อยู่ในระดับดี      |
| 1.4 เครื่องสามารถตัดพลาสติกได้          | อยู่ในระดับปานกลาง |

## 2. ด้านความปลอดภัย

- 2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิต โครงสร้าง มีความปลอดภัยอยู่ในระดับ ดี
- 2.2 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัยในขณะที่เครื่องทำงานอยู่ในระดับดี
- 2.3 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่องมีความปลอดภัยอยู่ในระดับปานกลาง
- 2.4 มีความปลอดภัยจากเสียงของเครื่องในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน อยู่ในระดับ

ปานกลาง

## 3. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

- 3.1 เครื่องมีความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย อยู่ในระดับ ดี
- 3.2 การจัดวางตำแหน่งของสวิตช์ควบคุมการทำงาน มีความสะดวกสบายต่อผู้ใช้ อยู่ในระดับ ดี
- 3.3 เครื่องมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์ เพื่อนำมาทำความสะอาดอยู่ในระดับปานกลาง
- 3.4 เครื่องมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน อยู่ในระดับ ดี ปานกลาง

ในระดับ ดี

ระดับปานกลาง

## 4. ด้านความสวยงาม น่าใช้

- 4.1 ป้ายบอกวิธีการใช้งานของเครื่องมีสวดลายสวยงาม และจัดวางได้อย่างเหมาะสม อยู่ในระดับ ดี
- 4.2 เครื่องมีรูปทรงสวยงามน่าใช้ อยู่ในระดับ ดี
- 4.3 พื้นผิวของวัสดุมีความสวยงามน่าใช้ อยู่ในระดับ ดี
- 4.4 เครื่องมีสีสันทสวยงามน่าใช้ อยู่ในระดับ ดี

ซึ่งผลการประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญ สามารถสนองกับกรอบแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน (ธีรชัย สุขสด. 2544 : 88-92) และสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยในข้อที่ 2 ที่กำหนดไว้ในบทที่ 1

### 5.2.1 ผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านวิศวกรรม

ผลการประเมิน โดยภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้เป็นเพราะผลิตภัณฑ์สามารถสนองวัตถุประสงค์ได้ดี จึงแสดงให้เห็นว่า

#### 1. ด้านความแข็งแรง

- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1.1 การเลือกใช้ระบบมูเว่ มีความแข็งแรง สามารถทนต่อความหนักของเนื้อปลาได้ดี    | อยู่ในระดับ ดีมาก |
| 1.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตใบมีดตัดปลา มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพความเค็ม  | อยู่ในระดับดีมาก  |
| 1.3 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิต โครงสร้าง มีความแข็งแรงคงทน                   | อยู่ในระดับ ดี    |
| 1.4 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่อง มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพความเค็ม | อยู่ในระดับ ดี    |

#### 2. ด้านการสึกหรอ

- |  |                    |
|--|--------------------|
| 2.1 การเลือกใช้วัสดุ ที่นำมาผลิตใบมีดมีความเหมาะสม สามารถทนต่อการใช้งานได้ดี | อยู่ในระดับ ดีมาก  |
| 2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตมูเว่ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน               | อยู่ในระดับ ดี     |
| 2.3 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตตัวเครื่อง มีความเหมาะสม ไม่เกิดสนิม          | อยู่ในระดับปานกลาง |
| 2.4 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาหุ้มสายไฟต่างๆ มีความเหมาะสม                      | อยู่ในระดับปานกลาง |

#### 3. ด้านความปลอดภัย

- |   |                |
|---|----------------|
| 3.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตตัวเครื่อง มีความปลอดภัย           | อยู่ในระดับ ดี |
| 3.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิต โครงสร้าง มีความปลอดภัย           | อยู่ในระดับ ดี |
| 3.3 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาเป็นตัวตัดไฟ มีความปลอดภัย             | อยู่ในระดับ ดี |
| 3.4 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัย จากอุปกรณ์ ห่อหุ้มสายไฟ | อยู่ในระดับ ดี |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ด้านการซ่อมแซม

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 4.1 เครื่องสามารถถอดอุปกรณ์ไฟฟ้า<br>เพื่อนำมาเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ | อยู่ในระดับ ดีมาก |
| 4.2 เครื่องสามารถถอดสายพาน<br>เพื่อนำมาเปลี่ยนได้                  | อยู่ในระดับ ดีมาก |
| 4.3 เครื่องมีป้ายบอกวิธีการถอด<br>หรือเปลี่ยนอะไหล่เพื่อซ่อมแซมได้ | อยู่ในระดับดีมาก  |
| 4.4 เครื่องสามารถถอดใบมีดตัด<br>เพื่อนำมาซ่อมแซมได้                | อยู่ในระดับ ดี    |

ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ สามารถสนอง กับกรอบแนวคิดด้านวิศวกรรมในการ ออกแบบเครื่องจักรกล (อนันต์ วงศ์กระช่าง, 2528 : 39) และสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้ในข้อที่ 3 ที่กำหนดไว้ในข้อที่ 1

#### 5.2.2 ผู้ใช้งานประเมินทางด้านการใช้งาน

โดยผลการประเมิน โดยภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้เป็นเพราะผลิตภัณฑ์สามารถสนองวัตถุประสงค์ ได้ดี จึงแสดงให้เห็นว่า

##### 1. ด้านหน้าที่การใช้อยู่

- |  |                    |
|--|--------------------|
| 1.1 เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก                   | อยู่ในระดับดีมาก   |
| 1.2 เครื่องสามารถตัดปลาสดได้                           | อยู่ในระดับดีมาก   |
| 1.3 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ 2 ตัวขึ้นไป                | อยู่ในระดับดี      |
| 1.4 เครื่องสามารถหั่นปลาได้<br>ไม่ฉีกขาด และไม่เสียรูป | อยู่ในระดับปานกลาง |

##### 2. ด้านความปลอดภัย

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิต โครงสร้าง<br>มีความแข็งแรงทนทาน | อยู่ในระดับ ดี     |
| 2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่อง<br>ความปลอดภัย      | อยู่ในระดับดี      |
| 2.3 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัย                       | อยู่ในระดับดี      |
| 2.4 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน                                   | อยู่ในระดับปานกลาง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

- 3.1 การจัดวางตำแหน่งของสวิทช์ควบคุมการทำงาน มีความสะดวกสบายต่อผู้ใช้ อยู่ในระดับ ดี
- 3.2 เครื่องมีความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย อยู่ในระดับ ดี
- 3.3 เครื่องมีความเหมาะสมกับการใช้งาน อยู่ในระดับ ดีมาก
- 3.4 เครื่องมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์ เพื่อนำมาทำความสะอาด อยู่ในระดับดี

### 4. ด้านความสวยงาม น่าใช้

- 4.1 ป้ายบอกวิธีการใช้งานจัดวางได้อย่างเหมาะสม อยู่ในระดับ ดี
- 4.2 พื้นผิวของวัสดุมีความสวยงามน่าใช้ อยู่ในระดับ ดี
- 4.3 เครื่องมีสีสันทนสวยงามน่าใช้ อยู่ในระดับ ดี
- 4.4 เครื่องมีรูปทรงสวยงามน่าใช้ อยู่ในระดับ ดี

ซึ่งผลการประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญ สามารถสนองกับกรอบแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน (ธีรชัย สุขสด. 2544 : 88-92) และสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยในข้อที่ 3 ที่กำหนดไว้ในบทที่ 1

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะการนำผลวิจัยไปใช้

1. เครื่องตัดปลาอินทรีเค็มที่ถูกสร้างขึ้นครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการตัดปลาสด หรือชิ้นเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะเป็นทางเลือกให้กับผู้ประกอบการ และเป็นการย่นระยะเวลาในการทำงาน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือ หรือเครื่องทุ่นแรงในการตัด ผลผลิตทางการเกษตร เช่นตัดผักชนิดต่าง ๆ

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป

1. ในการออกแบบ และสร้างเครื่องหั่นปลาอินทรีเค็มควรจะศึกษากระบวนการผลิต ในระบบอุตสาหกรรม ในการออกแบบควรจะออกแบบชิ้นส่วน แต่ละชิ้นให้สามารถประกอบกันได้ง่าย
2. ระบบความเร็วควรมีอุปกรณ์ที่สามารถปรับแต่งความเร็วของรอบได้
3. ในส่วนของใบมีดควรจะออกแบบให้สามารถถอดเพื่อนำมาทำความสะอาดง่ายกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใบมีดของเครื่องตัดปลาควรจะออกแบบให้สามารถปรับแต่งระยะความห่างได้  
สะดวกกว่านี้
5. รูปทรงของเครื่องควรจะออกแบบมีความโค้งมน เพื่อลดความแข็งกระด้างของ  
ตัวผลิตภัณฑ์
6. ควรเพิ่มความปลอดภัยของใบมีด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กิ่งแก้ว วงษ์ฉายา. 2545. “การควบคุมทางชีวภาพในการผลิตน้ำพริกหนุ่ม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กิติพงษ์ ห่วงรัศมี. 2536. **กระบวนการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท..
- กิริติ พัฒนาสารินทร์ และภัทรพงษ์ ทิมจรัส. 2544. “ออกแบบเครื่องปรับปรุงสุญญากาศโดยใช้หัวฉีดน้ำ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กุลทีนันท์ ตะวงส์. 2543. “การออกแบบเครื่องทอดภายใต้สุญญากาศ.” วิทยานิพนธ์วิทยาลัยศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ลินคอร์ปโรโมชั่น.
- จิตรนา แจ่มเมฆ และคณะ. 2540. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้**. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.
- ชัยวิทย์ เจนวานิชย์. 2526. **หลักเคมี**. กรุงเทพฯ : โอเอสพริ้นต์ดีง.
- ซีเอ อินเตอร์เนชั่นแนล อินฟอร์เมชั่น. 2543. **โครงการศึกษาแนวโน้มความต้องการบรรจุภัณฑ์ของอุตสาหกรรมไทย**. กรุงเทพฯ : ซีเอ อินเตอร์เนชั่นแนล อินฟอร์เมชั่น.
- คนัย บุญเกียรติ. 2535. **การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตรี.
- เด่น ดอกพิมาย. 2542. “การออกแบบระบบทำความเย็นด้วยสุญญากาศโดยใช้หัวฉีดไอน้ำ.” วิทยานิพนธ์
- วิญญู ศักดาทร. 2546. “การวิจัยและพัฒนาเครื่องรีดสุญญากาศบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับกลุ่มธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง. 2531. **วัสดุช่าง**. กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ดกรุ๊ป.
- บี.แทก, ผู้รวบรวม. **สุญญากาศกับการใช้งาน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กล่องพัฒนา.
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพฯ : เพคเมาส์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปีสิริ นิบุญ และพงศ์พันธุ์ ขาวพราย. 2539. “อัตราการทำสุญญากาศของเครื่องทำสุญญากาศด้วยลมน้ำฉีดขนาดเล็ก.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร : การถนอมอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเอสพริ้นต์ติ้ง.
- สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2545. วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. [Online]. Available : <http://www.ismed.ismed.or.th/intro-ismed/quotaion.html>.
- วิไล รังสาคทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น.
- อนุพงษ์ จารุวัฒน์ และคณะ. 2538. “การออกแบบและสร้างเครื่องดูดของเหลวโดยใช้สุญญากาศ.” วิทยานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 74 เรื่องนำรู้เทคนิคเครื่องกล. 2533. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- Armand Berman. 1985. Total Pressure Measurement in Vacuum Technology. London : Press.
- News wan. 2545. Small and Medium Enterprise (SME). [Online]. Available : <http://smetqciso.hypermart.net>
- Nigel S. Harris. 1990. Modern Vacuum Practice. New York : McGraw – Hill.

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบประเมินที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือตอนที่ 1 แบบประเมินความพึงพอใจทางด้านออกแบบ  
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เครื่องมือตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจทางด้านวิศวกรรม

เครื่องมือตอนที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจทางการใช้งาน

เครื่องมือตอนที่ 4 แบบตรวจสอบคุณภาพชิ้นปลาอินทรีเค็ม

ภาคผนวก ข เขียนแบบเพื่อการผลิต

ภาคผนวก ค ภาพผลงาน

ภาคผนวก ง ภาพจากการสำรวจข้อมูล

ภาคผนวก จ หนังสือราชการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินเพื่อการวิจัย

### เรื่อง

การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

### แบบประเมินความพึงพอใจทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์

การทำแบบประเมินชุดนี้ เพื่อประเมินความพึงพอใจทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยในระดับ ปริญญาโท

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม

สาขาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัย ขอความอนุเคราะห์จากท่าน เพื่อตอบแบบประเมินให้ครบทุกข้อ และถูกต้องตามความเป็นจริง และผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการพัฒนา ในการออกแบบเครื่องตัดปลาอินทรีสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

**คำชี้แจงแบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอนประกอบด้วย**

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบประเมิน

**ผู้วิจัย ขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม มา ณ ที่นี้ด้วย**

นายคมสัน ขำสวัสดิ์

สาขาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตอนที่ 1** เป็นข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

**คำชี้แจง** โปรดใช้เครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็น ผู้วิจัยได้กำหนดค่าไว้ 5 ระดับ ดังนี้

- |   |               |                                |
|---|---------------|--------------------------------|
| 5 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด  |
| 4 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับมาก        |
| 3 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง    |
| 2 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับน้อย       |
| 1 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด |

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
<b>1.</b>	<b>ด้านหน้าที่ใช้สอย</b>					
	1.1 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ฉีกขาด และไม่เสียรูป					
	1.2 เครื่องสามารถหั่นปลาได้มากกว่า 2 ตัวขึ้นไป					
	1.3 เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก					
	1.4 เครื่องสามารถตัดปลาสดได้					
<b>2.</b>	<b>ด้านความปลอดภัย</b>					
	2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่องมีความปลอดภัย					
	2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรงทนทาน					
	2.3 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัย					
	2.4 เสียงของเครื่องในขณะที่เครื่องกำลังทำงานมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน					
<b>3.</b>	<b>ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน</b>					
	3.1 เครื่องมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน					
	3.2 เครื่องมีความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย					
	3.3 เครื่องมีความสะดวกในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำมาทำความสะอาดหรือซ่อมบำรุง					
	3.4 การจัดวางตำแหน่งของสวิทช์ควบคุมการทำงานมีความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
4.	ความสวยงามน่าใช้					
	4.1 เครื่องมีรูปทรงที่เหมาะสมน่าใช้					
	4.1 เครื่องมีสีสันทันเหมาะสมน่าใช้					
	4.3 ป้ายบอกวิธีการใช้งานจัดวางได้เหมาะสม					
	4.4 พื้นผิวของวัสดุมีความสวยงามน่าใช้					

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ประเมิน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินเพื่อการวิจัย เรื่อง

การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

### แบบประเมินความพึงพอใจทางด้านวิศวกรรม

การทำแบบประเมินชุดนี้ เพื่อประเมินความพึงพอใจทางด้านวิศวกรรม ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัย  
ในระดับปริญญาโท

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม

สาขาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัย ขอขอบคุณและขอโทษจากท่าน เพื่อตอบแบบประเมินให้ครบทุกข้อ  
และถูกต้องตามความเป็นจริง และผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการพัฒนา ในการออกแบบ  
เครื่องปลาอินทรีสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

**คำชี้แจงแบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอนประกอบด้วย**

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจทางด้านวิศวกรรม

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบประเมิน

ผู้วิจัย ขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม มา ณ ที่นี้ด้วย

นายคมสัน จำรัสดี

สาขาเทคโนโลยีการผลิตอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตอนที่ 1** เป็นข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจด้านวิศวกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดใช้เครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็น ผู้วิจัยได้กำหนดค่าไว้ 5 ระดับ ดังนี้

- |   |               |                                |
|---|---------------|--------------------------------|
| 5 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด  |
| 4 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับมาก        |
| 3 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง    |
| 2 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับน้อย       |
| 1 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด |

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1.	ด้านความแข็งแรง					
	1.1 การใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างหลักมีความแข็งแรงคงทน					
	1.2 การใช้วัสดุที่นำมาเป็นวัสดุประกอบของตัวเครื่องมีความทนทานต่อสภาพความเค็ม					
	1.3 การใช้วัสดุที่นำมาผลิตใบมีดตัดปลาที่มีความแข็งแรงทนทาน					
	1.4 ระบบมูว์มีความแข็งแรงสามารถทนแรงความหนืดของเนื้อปลาได้ดี					
2.	ด้านการสึกหรอ					
	2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตใบมีดมีความเหมาะสมสามารถทนต่อความหนืดของปลาได้					
	2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตมูว์มีความเหมาะสมกับกรใช้งาน					
	2.3 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตตัวเครื่องมีความเหมาะสมไม่เกิดสนิม					
	2.4 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาหุ้มสายไฟต่างๆ ในตัวเครื่องมีความเหมาะสม					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
3.	ด้านความปลอดภัย					
	3.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้าง มีความปลอดภัย					
	3.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่อง มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน					
	3.3 การใช้อุปกรณ์ที่นำมาเป็นตัวตัดไฟ มีความปลอดภัย					
	3.4 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัยจากอุปกรณ์หรือหุ้มสายไฟ					
4.	ด้านการซ่อมแซม					
	4.1 เครื่องสามารถถอดใบมีดตัดเพื่อนำมาซ่อมแซมได้					
	4.2 เครื่องสามารถถอดสายพานเพื่อนำมาเปลี่ยนได้สะดวก					
	4.3 เครื่องสามารถถอดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อนำมาเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้					
	4.4 เครื่องมีป้ายบอกวิธีถอดหรือเปลี่ยนอะไหล่เมื่อนำมาซ่อมแซมได้					

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ประเมิน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินเพื่อการวิจัย

### เรื่อง

การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

### แบบประเมินความพึงพอใจทางการใช้งาน

การทำแบบประเมินชุดนี้ เพื่อประเมินความพึงพอใจทางการใช้งาน ซึ่งเป็นการ  
ศึกษาวิจัยในระดับปริญญาโท

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตอาหาร

สาขาเทคโนโลยีการผลิตอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัย ใ้ขอความอนุเคราะห์จากท่าน เพื่อตอบแบบประเมินให้ครบทุกข้อ  
และถูกต้องตามความเป็นจริง และผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการพัฒนา ในการออกแบบ  
เครื่องตัดปลาอินทรีสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

**คำชี้แจงแบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอนประกอบด้วย**

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบประเมิน

ผู้วิจัย ขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม มา ณ ที่นี้ด้วย

นายคมสัน ขำสวัสดิ์

สาขาเทคโนโลยีการผลิตอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งาน

คำชี้แจง โปรดใช้เครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็น ผู้วิจัยได้กำหนดค่าไว้ 5 ระดับ ดังนี้

- |   |               |                                |
|---|---------------|--------------------------------|
| 5 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด  |
| 4 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับมาก        |
| 3 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง    |
| 2 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับน้อย       |
| 1 | คะแนน หมายถึง | มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด |

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
<b>1.</b>	<b>ด้านหน้าที่ใช้สอย</b>					
	1.1 เครื่องสามารถหั่นปลาได้ฉีกขาด และไม่เสียรูป					
	1.2 เครื่องสามารถหั่นปลาได้มากกว่า 2 ตัวขึ้นไป					
	1.3 เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก					
	1.4 เครื่องสามารถตัดพลาสติกได้					
<b>2.</b>	<b>ด้านความปลอดภัย</b>					
	2.1 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบตัวเครื่องมีความปลอดภัย					
	2.2 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิต โครงสร้างมีความปลอดภัยแข็งแรงทนทาน					
	2.3 การเดินสายไฟในตัวเครื่องมีความปลอดภัยในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน					
	2.4 มีความปลอดภัยจากเสียงของเครื่องในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน					
<b>3.</b>	<b>ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน</b>					
	3.1 เครื่องมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน					
	3.2 เครื่องมีความสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย					
	3.3 เครื่องมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำมาทำความสะอาดหรือบำรุง					
	3.4 การจัดวางตำแหน่งของสวิตช์ควบคุมการทำงานมีความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
4.	ความสวยงามน่าใช้					
	4.1 เครื่องมีรูปทรงสวยงามน่าใช้					
	4.2 เครื่องมีสีสันทนสวยงามน่าใช้					
	4.3 ป้ายบอกวิธีการใช้งานจัดวางได้เหมาะสม					
	4.4 พื้นผิวของวัสดุมีความสวยงามน่าใช้					

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ประเมิน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบตรวจสอบคุณภาพชิ้นปลาอินทรีเค็ม

คำชี้แจง / การตรวจสอบขนาดของชิ้นปลากรุณาใส่เครื่องหมาย  ลงในช่อง (ผ) ในกรณีที่ผ่าน  
และ ใส่เครื่องหมาย / ลงในช่อง (ม) ในกรณีที่ไม่ผ่าน

### เครื่องใหม่

การสุ่มชิ้นปลา จำนวน 10 ชิ้น	ชั้นที่ 1		ชั้นที่ 2		ชั้นที่ 3		ชั้นที่ 4		ชั้นที่ 5		ชั้นที่ 6		ชั้นที่ 7		ชั้นที่ 8		ชั้นที่ 9		ชั้นที่ 10		หมายเหตุ	
	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม		
ครั้งที่ 1																						
ครั้งที่ 2																						
ครั้งที่ 3																						

### แบบเดิม

การสุ่มชิ้นปลา จำนวน 10 ชิ้น	ชั้นที่ 1		ชั้นที่ 2		ชั้นที่ 3		ชั้นที่ 4		ชั้นที่ 5		ชั้นที่ 6		ชั้นที่ 7		ชั้นที่ 8		ชั้นที่ 9		ชั้นที่ 10		หมายเหตุ	
	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม	ผ	ม		
ครั้งที่ 1																						
ครั้งที่ 2																						
ครั้งที่ 3																						

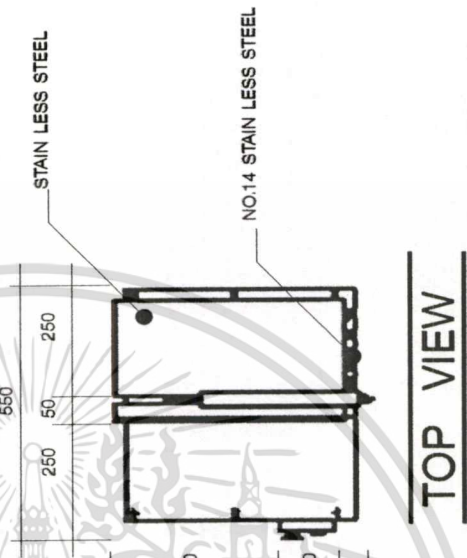
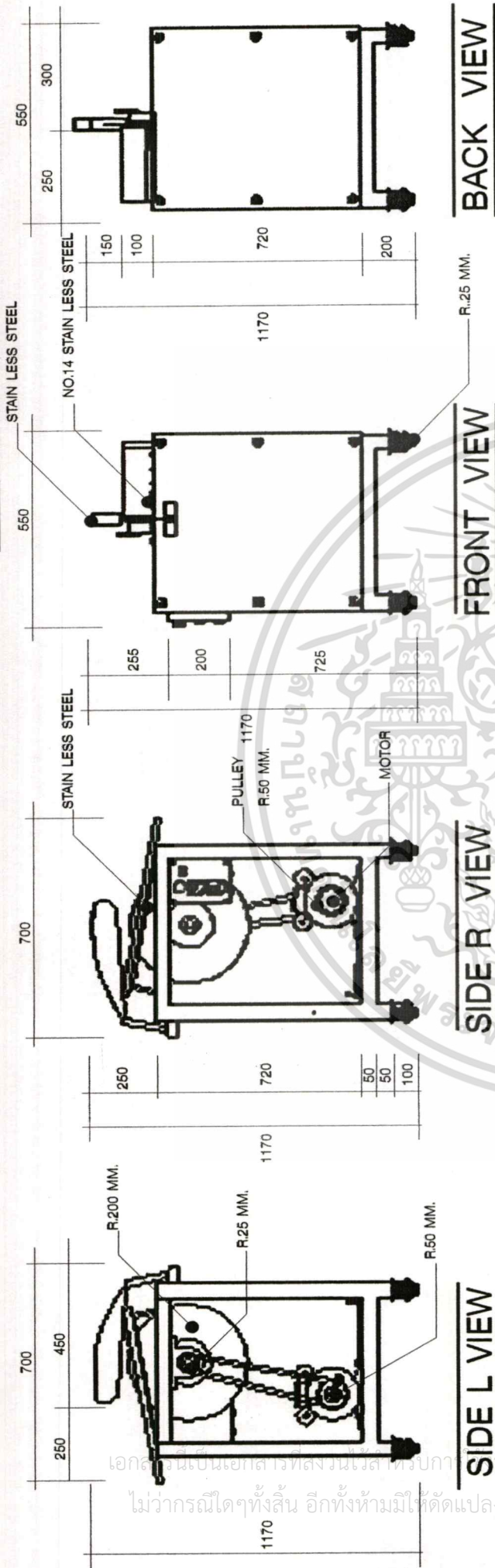
## แบบตรวจสอบคุณภาพชิ้นปลาอินทรี

ระยะเวลาที่ใช้		
ปลา 5 กิโลกรัม	เครื่องใหม่	แบบเดิม
ครั้งที่ 1		
ครั้งที่ 2		
ครั้งที่ 3		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



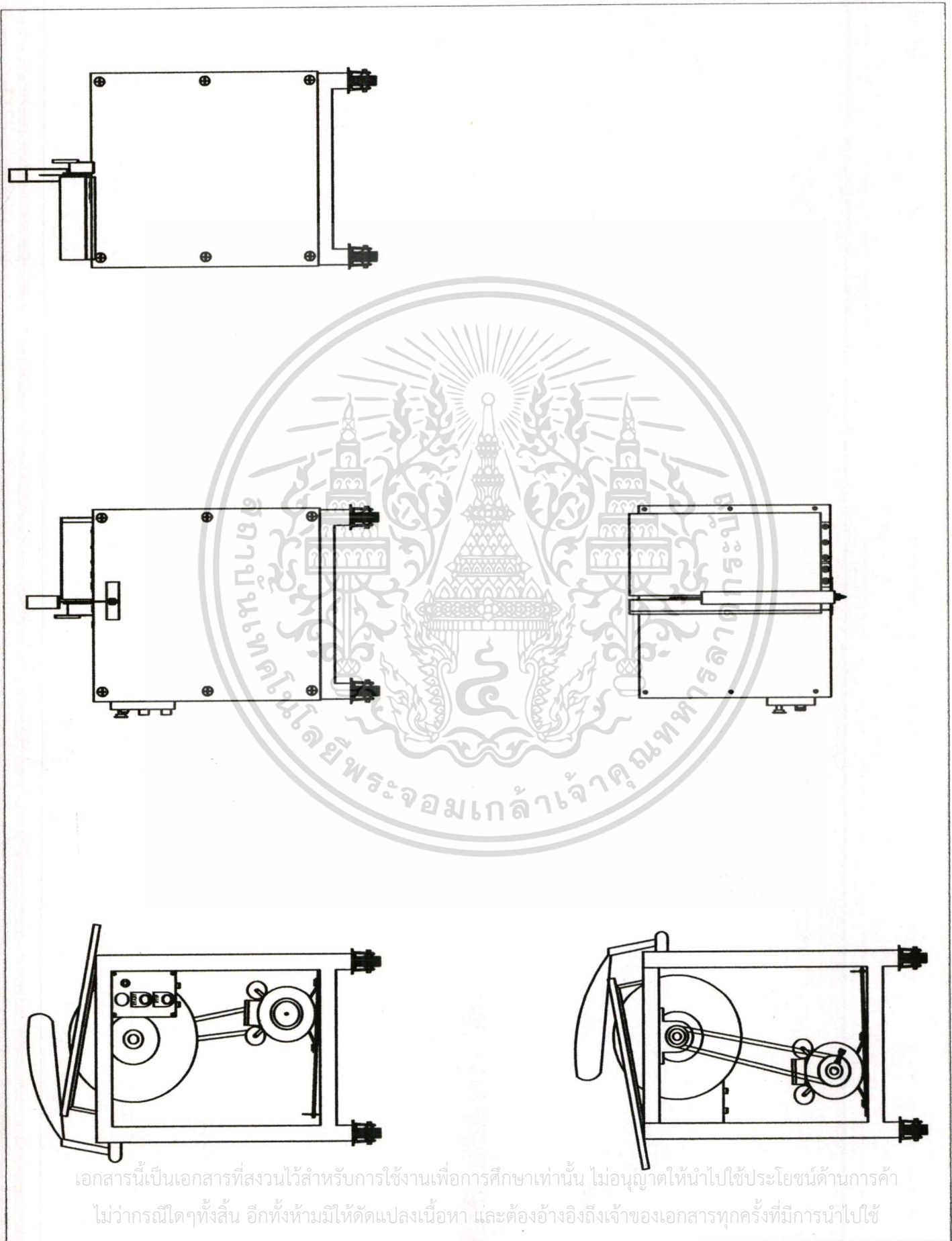
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- วิธีการใช้งาน**
- เปิดปุ่มสี่เหลี่ยมเมื่อต้องการใช้งาน
  - นำปลาอินทรีที่จะแปรรูปมาวางบนแท่นสไลด์
  - นำปลาอินทรีวางให้พอดีกับร่องบังคับขี้นปลา
  - สไลด์ปลาอินทรีไปข้างหน้าให้มิดรอยตัด
  - ปิดปุ่มสี่แดงเมื่อเลิกใช้งาน

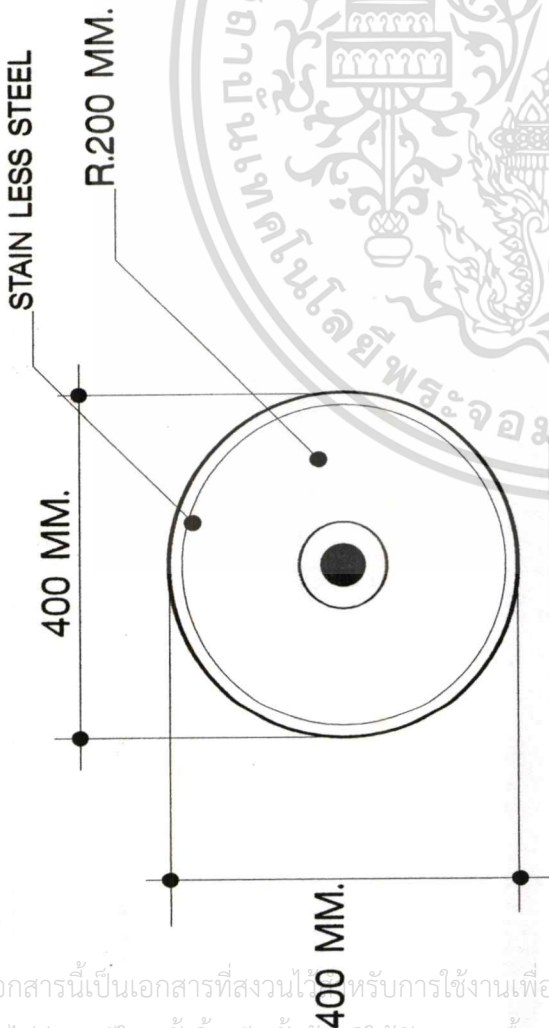
ว/ด/น	ชื่อ - สกุล	รหัส	แผ่นที่
11/03/50	นาย เฉลิม ช่างสวัสดิ์	46085607	1/3
การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีสำหรับใช้ในครัวเรือนกลางและนอกชุมชน สาขาเทคโนโลยีผลิตกับวงอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นว่าไม่เหมาะสมประการใด  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

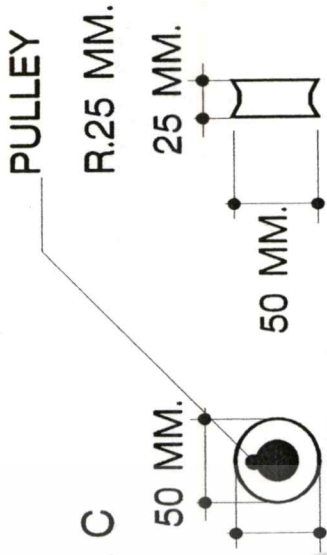


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

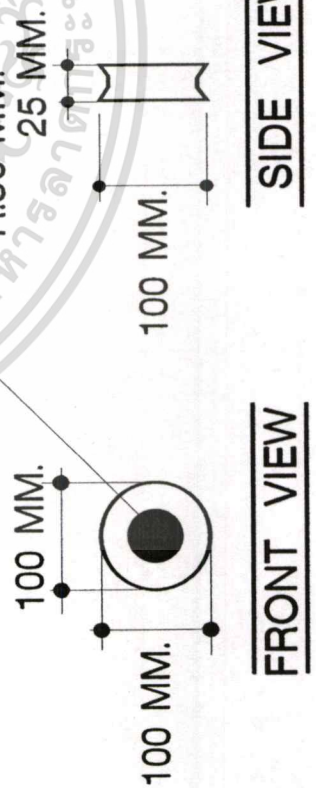
SEE DETAIL A



SEE DETAIL C



SEE DETAIL B

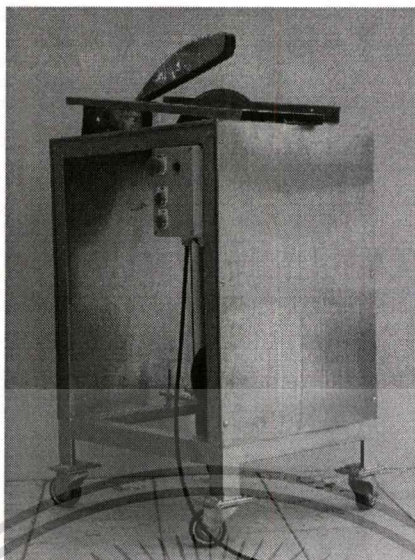


ว/ด/ป	ชื่อ - สกุล	รหัส	หมู่ที่
11/03/50	นาย ณสิน ช่างสีดี	46065607	3/3
การศึกษาและพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทน สาขาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าอุตสาหกรรม			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

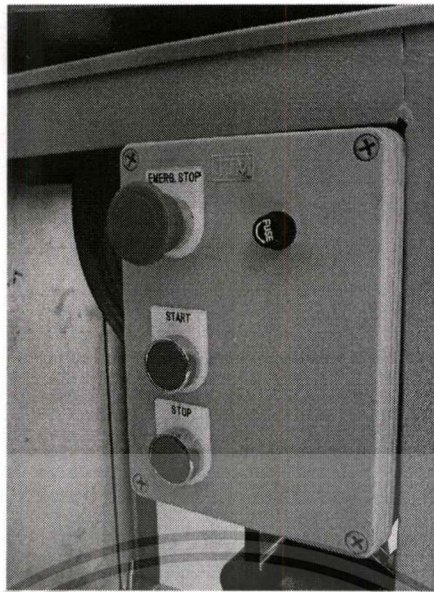


ภาพที่ ค1 เครื่องหั่นปลาอินทรีเค็ม



ภาพที่ ค2 ร่องหั่นปลาอินทรีเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค3 ปุ่มเปิดปิด เครื่องหันปลาอินทรีเค็ม



ภาพที่ ค4 ใบมีดเครื่องหันปลาอินทรีเค็ม

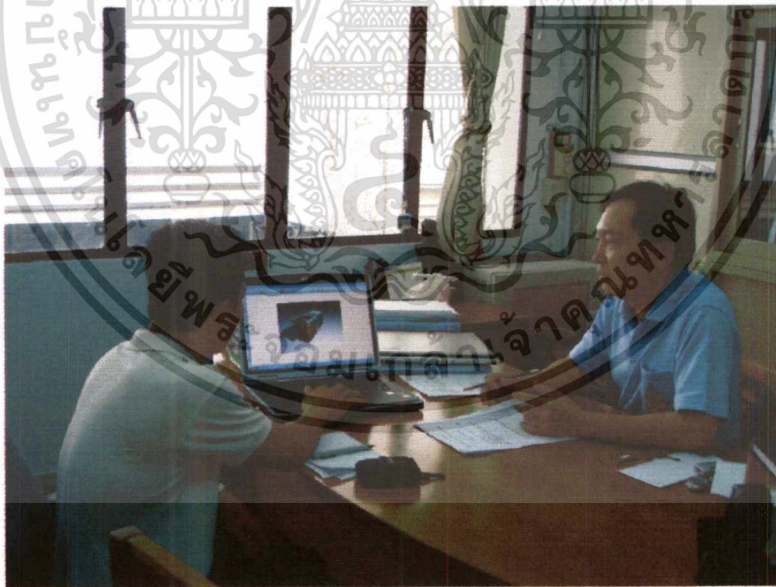
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๑1 การขอคำปรึกษาจากผศ.ดร. อนันต์ วงศ์กระจ่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ภาพที่ ๑2 การขอคำปรึกษาจาก อาจารย์ พรชัย หอสุวรรณศักดิ์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกวิทยาเขตอุเทนถวาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 การประเมินเครื่อง ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 4 การสำรวจข้อมูลกลุ่มแม่บ้านแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0623

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.อนันต์ วงศ์กระจ่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมสัน ขำสวัสดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรียี่เค็ม สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม”

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายคมสัน ขำสวัสดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0623

วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์

ด้วย นายคมสัน จำรัสดี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหา  
บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด  
กระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีขี้เฒ่า สำหรับวิสาหกิจขนาด  
กลางและขนาดย่อม” คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ  
เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่า  
มีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ  
นายคมสัน จำรัสดี มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04/ 0623

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์พรชัย หอสุวรรณศักดิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมสัน จำรัสดี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรียี่ห้อ สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม”

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายคมสัน จำรัสดี มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0928

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๙ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.วีระศักดิ์ ว่องปรีชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมสัน ขำสวัสดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรียี่เค็ม สำหรับกลุ่ม  
วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าว  
เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านดังกล่าว เพื่อการวิจัยของ นายคมสัน ขำสวัสดิ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วีรธรรม ชินะตระกูล)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0928

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนลาดกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๙ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์พรชัย หอสุวรรณศักดิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมสัน ขำสวัสดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรอุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีรี่เค็ม สำหรับกลุ่ม  
วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม”

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าว  
เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านดังกล่าว เพื่อการวิจัยของ นายคมสัน ขำสวัสดิ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วีรวัฒน์ ชินะตระกูล)

คณบดีคณะกรรมการอุตสาหกรรม

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศช 0524.04/ 0928

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์มานะ เอี่ยมบัว

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมสัน ขำสวัสดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีย์เค็ม สำหรับกลุ่ม  
วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าว  
เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านดังกล่าว เพื่อการวิจัยของ นายคมสัน ขำสวัสดิ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วีรธรรม ชินะตระกูล)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

สว่นราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0928 วันที่ 9 มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

ด้วย นายคมสัน จำรัสดี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีย์เค็ม สำหรับกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม” คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ นายคมสัน จำรัสดี พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบประเมินทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์ธีระพล ชินะตระกูล)  
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

๓๐ มีนาคม ๒๕๕๐

*[Signature]*



ที่ ศธ 0524.04/ 0928

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ธนะพงษ์ นพวงศ์ ณ อุบลฯ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมสัน ขำสวัสดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรียี่เค็ม สำหรับกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม”

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านดังกล่าว เพื่อการวิจัยของ นายคมสัน ขำสวัสดิ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วีรธรรม ชินะตระกูล)

คณบดีคณะกรรมการอุดมศึกษา

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0928

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๙ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.อนันต์ วงศ์กระจ่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมสัน ขำสวัสดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดปลาอินทรีย์เค็ม สำหรับกลุ่ม  
วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม”

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าว  
เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านดังกล่าว เพื่อการวิจัยของ นายคมสัน ขำสวัสดิ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วีรธรรม ชินะตระกูล)

คณบดีคณะกรรมการอุตสาหกรรม

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นายคมสัน จำรัสดี
วัน / เดือน / ปี เกิด	1 มิถุนายน 2521
สถานที่เกิด	52 หมู่ 3 ต.แหลมผักเบี้ย อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี 76100 โทร. (032) - 441-051
ที่อยู่ปัจจุบัน	48/71 หมู่บ้านบุญชริก ต.ลาดสวาย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150 โทร. (02)-592-3842 , (084)-111-1734
สถานที่ทำงาน	KHOMSON DESIGN 48/71 หมู่บ้านบุญชริก ต.ลาดสวาย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี ( 12150 ) โทร. (02)-592-3842
ตำแหน่ง	INTERIOR ARCHITECTURE
ประวัติทางการศึกษา	ปีการศึกษา 2537 สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนคงคา- ราม จังหวัดเพชรบุรี ปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียน ไทยวิจิตรศิลป์ประชาชีวะกรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษา ระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเพาะช่าง ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาขาสถาปัตยกรรมภายใน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม ปีการศึกษา 2550 สำเร็จการศึกษา ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต อุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้